

TRANSIÇÃO DE SISTEMAS TECNOLÓGICOS: O DESAFIO DA INCLUSÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS RENOVÁVEIS NA INDÚSTRIA QUÍMICA BRASILEIRA

ADRIANA CAZELGRANDI TORRES

Universidade Federal do Rio de Janeiro / UFRJ, Brasil
acazelgrandi@gmail.com

JOSÉ VITOR BOMTEMPO MARTINS

Universidade Federal do Rio de Janeiro / UFRJ, Brasil
vitor@eq.ufrj.br

FABIO ALMEIDA OROSKI

Universidade Federal do Rio de Janeiro / UFRJ, Brasil
oroski@eq.ufrj.br vitor@eq.ufrj.br

FLAVIA CHAVES ALVES

Universidade Federal do Rio de Janeiro / UFRJ, Brasil
falves@eq.ufrj.br

RESUMO

Este artigo procura analisar o processo de transição dos recursos fósseis pelas matérias primas renováveis. Esta etapa é um importante elo para construção de uma nova indústria química no contexto da bioeconomia. Não se trata de uma decisão localizada e isolada, mas de uma tendência no mercado mundial. Uma retrospectiva histórica e contextualização do tema é feita, pois o passado pode moldar o sistema atual e influenciar as futuras opções e caminhos. O processo de transição da indústria química para renováveis requer esforços em múltiplas direções e em múltiplos sistemas que se adequam à metodologia da perspectiva multinível apresentada por Geels (2002). Este processo traz grandes desafios e oportunidades que precisam ser entendidas e estruturadas dentro de um planejamento na economia brasileira em um sentido amplo. Este artigo examina como a contribuição da abordagem de sistemas sociotécnicos pode ser usada para direcionar políticas e iniciativas nacionais para o desafio de estruturar um novo sistema baseado em renováveis para a indústria química brasileira. Para avaliar o processo de transição da indústria química foi feita uma análise das políticas e as iniciativas adotadas no país, em especial o Plano de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico – PAISS, e a identificação da importância de se estruturar uma coordenação multisistêmica sob o enfoque desta abordagem. Desta forma, é possível concluir que as políticas públicas são um poderoso instrumento de construção de sistemas sociotécnicos e uma forma de contribuir para a efetiva transição para a economia baseada em renováveis. Esta pesquisa das transições sociotécnicas procura compreender a dinâmica das mudanças estruturais de sistemas intensivos em capital, como a indústria química, na direção de trajetórias mais sustentáveis no longo prazo.

INTRODUÇÃO

Os sistemas produtivos estabelecidos no século XX, em sua maioria baseados no consumo de recursos não renováveis, têm sido vistos como não sustentáveis. Em consequência, identifica-se um processo de transição de diversos sistemas tecnológicos como os voltados para a produção de energia e materiais para atender requisitos de sustentabilidade através da incorporação crescente de recursos renováveis. Este processo faz parte da chamada bioeconomia¹, uma indústria em desenvolvimento que apresenta suas bases nos recursos de

¹ Definição da OCDE (2009): um conjunto de atividades econômicas relacionadas à inovação, desenvolvimento, produção e uso de bioprodutos e bioprocessos, com forte potencial de geração de mudanças socioeconômicas para os países.

origem biológica, vegetais e animais de forma integrada. Na construção desta indústria, diversos atores, empresas, países desenvolvidos e emergentes têm adotado metas para integrar as matérias-primas renováveis em seus processos produtivos. Para isso, é preciso um esforço significativo em inovação e na construção de cadeias produtivas para que passe da condição de indústria emergente e se consolide.

A construção de uma nova indústria baseada em renováveis requer esforços em diversas direções. Neste contexto, destaca-se a relevância de uma atuação da indústria química como aquela que fornece milhares de insumos para outros setores da economia. Não se trata apenas do desenvolvimento de um produto, ou a construção de um processo tecnológico, mas o desenvolvimento de toda uma cadeia com interfaces com diferentes indústrias. Neste caso, a abordagem não pode ser linear, nem circular apenas, mas sistêmica e integrada.. Compreender este aspecto amplo de multiplicidade do processo de transição da indústria para os renováveis garantirá uma competitividade estratégica, evitando o posicionamento periférico e parcial que agrega pouco valor.

A retrospectiva histórica da indústria química reforça este aspecto estratégico. Diversos estudos na literatura reveem a transição do uso do carvão como matéria-prima para o fósfil como um aprendizado de transição. Segundo Mowery e Rosenberg (2005), houve não apenas a mudança do eixo tecnológico da Europa para os EUA, mas a transição de matérias-primas e a construção de uma nova indústria, a petroquímica, que integrou a cadeia de modo significativo. A vasta expansão dos produtos químicos desencadeada pela disponibilidade do novo insumo e os processos em escala mudou a configuração do mercado e dos produtos. Para Spitz (1988) foi a matéria-prima a variável chave para a transição da indústria química, e não a tecnologia ou o mercado.

A importância da matéria-prima para indústria química neste ambiente da bioeconomia deve ser considerada uma oportunidade para o Brasil. A experiência industrial de utilização de biomassa, em particular da cana de açúcar para a produção de etanol, as condições naturais do país e a capacidade de inovação e produtividade na agricultura conferem ao Brasil um conjunto importante de vantagens comparativas para vir a ocupar uma posição de liderança no processo de transição da indústria química para a utilização de renováveis. Neste contexto, residem não só oportunidades de inovação para a indústria em matérias-primas, tecnologias, processos e produtos, mas também desafios. Os desafios vão além das cadeias produtivas, se estendem ao desenvolvimento de condições apropriadas para fomentar a demanda por esses produtos.

A base da indústria química são as matérias-primas para desenvolver produtos, processos e tecnologias. Segundo Bennett (2012), aproximadamente 92% dos produtos da química orgânica são originários do petróleo, o que confirma esta importância. Para Mowery e Rosenberg (2005), a retrospectiva histórica mostra que a indústria química baseada no fósfil nos EUA se beneficiou dos avanços tecnológicos e científicos originários de outros segmentos da economia, como: automobilístico e elétrico. Estas duas constatações são um exemplo do que o modelo econômico atual, da bioeconomia, precisa enfrentar para se constituir como realidade.

O que se configura, no presente, é o desenvolvimento da indústria de biocombustíveis focada em grande monta no tipo de biomassa a ser empregado e na demanda do mercado a ser atendida. Segundo Bennett (2012), o segmento dos biocombustíveis vem recebendo recursos governamentais, atenção da literatura técnica e pesquisa extensiva. Isto se deve às características do setor energético, por precisar de escala e ser um mercado regulado (Milanez, A. *et al.*, 2015). Neste contexto, as questões se ampliam na indústria química,

visando repensar se uma indústria competitiva em biocombustíveis pode contribuir para a produção de químicos de base renovável.

O cenário esperado para a bioeconomia, e mais especificamente para os bioprodutos e biocombustíveis ainda está em construção. Os *inputs* do processo produtivo - as matérias-primas, as tecnologias, os modelos de negócio e os *stakeholders* envolvidos - vêm se transformando com o progresso tecnológico e os novos arranjos organizacionais, resultantes em parte das experiências anteriores.

A multiplicidade de *players* envolvidos, estruturas produtivas e tecnológicas necessárias ampliam o horizonte de análise para uma visão sistêmica e multinível. Neste contexto, tem-se como referência os trabalhos de Geels (2002; 2007) que, em diversas publicações ao longo dos últimos 15 anos, explorou os processos de transição como sendo de natureza sociotécnica, envolvendo transformações em três níveis: a paisagem, o regime sócio-técnico e o nicho. Essa abordagem, conhecida como multinível, recebeu a contribuição e crítica de muito autores, com destaque para Berkhout et al (2004) que discutiram as diferentes naturezas de iniciativas dos atores envolvidos segundo o nível em que se encontram e a existência ou não de mecanismos de coordenação. Nesta construção teórica, acrescentam-se trabalhos que aplicaram a metodologia de Geels como as propostas por Bennett (2012), Vandermeulen (2012) e Kern (2011). Estas aplicações da metodologia de Geels (2002) partem da premissa de que transições entre sistemas tecnológicos envolvem processos. O passado influencia o sistema atual e as futuras opções de caminhos. Compreender a natureza das transições tecnológicas do modelo atual tornou-se particularmente importante, pelas grandes mudanças que se delineiam da forma como a energia é obtida, convertida e utilizada neste século (Bennett, 2012).

No caso da transição da indústria química para os renováveis, o número de participantes é grande, de interesses variados e muitas vezes pertencentes a indústrias diferentes. Este aspecto de multiplicidade torna mais complexa a articulação de estruturas de pesquisa e desenvolvimento para a geração de inovações e a construção de cadeias produtivas. Para viabilizar a transição, políticas e iniciativas são necessárias para que as matérias-primas renováveis façam efetivamente parte da indústria química. O papel do poder público deve ser revisto para que se entenda até que ponto pode ou deve gerir a transição, além de coparticipar. O seu papel pode variar entre a coordenação das iniciativas existentes, propondo agendas de desenvolvimento até o financiamento de tais projetos. No caso brasileiro, tais políticas devem promover um ambiente propício para atrair projetos e iniciativas oriundos de empresas de diferentes setores de forma a permitir a inserção de tecnologias e produtos na indústria química nacional. Políticas públicas atuantes precisam considerar transições entre sistemas sociotécnicos distintos e fomentar experiências de diversos atores (provenientes dos regimes estabelecidos e de outros regimes sociotécnicos) – especificamente quando se discute matéria-prima que vem de outro sistema. Como é o caso estudado da indústria química.

É importante ressaltar que as transições sistêmicas requerem uma análise detalhada, visto que estas implicam coevolução e interações multidimensionais entre indústria, tecnologia, mercados, sociedade, cultura, política e governo. A análise do tema sugere que a bioeconomia deve constituir no futuro uma indústria muito diferente da que possuímos hoje². Como descrito por Bomtempo e Alves (2013) “essa nova indústria deve apresentar uma densidade tecnológica elevada e fazer uso de conhecimento sofisticado e originado de fronteiras atuais do conhecimento principalmente em biologia”. Neste caso, uma análise detalhada do mercado de recursos renováveis para a indústria química e suas tendências se justifica para que posições possam ser antecipadas e representem vantagens competitivas.

2 Jornal Oficial da EU - Parecer do Comité das Regiões — Inovação para um Crescimento Sustentável: Bioeconomia para a Europa (2013/C 17/09)

Por se tratar de um setor em construção e em processo de transição, algumas questões merecem investigação para essa antecipação: (1) Como as políticas podem contribuir para as iniciativas de experimentação e condução de novas tecnologias e produtos a partir de matérias-primas renováveis ao mercado? (2) Como compreender a complexidade inerente ao processo de transição e identificar quais fronteiras essa indústria estabelece com outros sistemas sociotécnicos?

Assim, o objetivo deste trabalho consiste em identificar os principais desafios ao processo de transição da indústria química brasileira para maior utilização dos renováveis e avaliar de que forma mudanças do sistema sociotécnico podem levar à transição sob a perspectiva multinível. Para compreender a natureza deste processo foi dado foco no Plano de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico – PAISS – por ser o programa mais expressivo e direcionado ao uso de matérias-primas renováveis para a produção de biocombustíveis avançados e produtos químicos, elaborado pelo BNDES/FINEP.

O trabalho se divide nas seguintes seções: a primeira seção apresenta uma retrospectiva histórica do processo de transição do carvão para o petróleo como fonte de estudo e análise. O exemplo internacional contextualiza o tema da indústria química e as forças que levaram às mudanças no século passado. Posteriormente a análise foca no Brasil, na indústria química hoje e as possibilidades para transição baseada em renováveis no país.

Posteriormente é desenvolvida a argumentação teórica através da discussão da abordagem multiníveis de Geels (2002). Na última seção é apresentada uma iniciativa de política adotada no Brasil. O exemplo é o PAISS que foi construído e direcionado basicamente para biocombustíveis e químicos renováveis. O foco do programa era estruturar um plano para o desenvolvimento da cadeia produtiva e comercialização de diversos produtos a partir da cana-de-açúcar como matéria-prima.

1 - Transição na Indústria Química com base em renováveis no mundo e no Brasil

Para compreender a complexidade que envolve a transição dessa indústria para uma maior utilização de matérias-primas renováveis torna-se relevante resgatar o processo de transição do carvão como matéria-prima até chegar ao que se conhece hoje, uma indústria baseada predominantemente no petróleo e gás como insumos. Esse processo de transição exigiu avanços não apenas tecnológicos, mas, sobretudo um conjunto amplo e complexo de mudanças em diversas áreas e indica a importância da matéria-prima como fator estruturante para o segmento. Ao longo de sua existência verifica-se que as matérias-primas constituem o foco das mudanças estruturais na cadeia produtiva da indústria química (Bennett, 2009, 2012).

1.1.A transição do carvão para o petróleo e gás como matéria-prima e o surgimento da indústria petroquímica

Inicialmente, a indústria se desenvolve na Alemanha e Inglaterra baseada em químicos orgânicos, cujo insumo era o carvão. A Alemanha se destaca pelo desenvolvimento científico e tecnológico na química de síntese. Posteriormente, o deslocamento do eixo desta indústria para os EUA ocorreu com a mudança das matérias primas para o petróleo e o gás, fomentados na primeira e segunda guerras mundiais. Diversos fatores contribuíram para este novo cenário, dentre os quais, a própria guerra e suas limitações comerciais, as economias de escala pelo volume contínuo de produção do insumo líquido e do próprio processo e o crescimento da indústria petroquímica (Mowery e Rosenberg 2005; Bennett, 2012).

O aparecimento da indústria petroquímica nos EUA se fortalece pelo estabelecimento do petróleo como recurso-base a partir da criação da indústria petroquímica que se desenvolveu pelas iniciativas de empresas como: a Exxon, Shell, Union Carbide e Dow. Para Mowery e Rosenberg (2005) este cenário favorável para construção e operação de plantas

químicas de grandes escalas se deveu em parte pelo empirismo e pelo desenvolvimento do conhecimento científico.

O tipo de estruturação da tecnologia e inovação na indústria química passava por alterações fundamentais para o seu futuro. Era a transição da organização de produtos e processos alemã baseada em pequenos volumes e por lotes para a integração das tecnologias de produtos e processos em larga escala nas estruturas organizacionais americanas (Mowery e Rosenberg, 2005). A adesão tardia na Alemanha se fundamenta na resistência europeia em se tornar dependente de um insumo que não dominava e não possuía. O *lock in*³ tecnológico e econômico retardou o processo de transição da indústria química alemã que em 1960, apenas 40% derivavam do petróleo e gás, enquanto que a dependência americana já era de 80%.

Neste cenário, a importância da matéria prima se amplia. Estes dados indicam que, como defendido por Spitz (1988), a disponibilidade de insumo foi fator decisivo para a transição da indústria química, e não a tecnologia ou o mercado.

A indústria química/petroquímica possui a característica de gerar bens intermediários a serem usados em diversas indústrias, se tornando, desta forma, supridores de insumos para praticamente todos os setores da economia. Esta característica intrínseca ao segmento a tornou base para o desenvolvimento de inúmeros produtos do mundo contemporâneo. Assim, processos de transição de matéria prima no segmento químico podem representar mudanças estruturais significativas, como de fato ocorreu do carvão para o petróleo e gás (Mowery e Rosenberg, 2005), indicando a complexidade no processo de inovação e desenvolvimento de oportunidades para a indústria pela maior utilização da biomassa como matéria-prima.

1.2.A biomassa como oportunidade para uma nova transição na indústria química e o caso brasileiro

A indústria química mundial presencia hoje um movimento crescente de substituição tecnológica motivada em parte pelas transformações observadas na indústria de energia com o crescimento dos biocombustíveis. Esta perspectiva abre espaço para o estudo do que parece tratar-se de um processo de transição na direção da Bioeconomia. A passagem de uma economia fechada em uma rota energética, baseada em recursos fósseis, para um modelo em transição ainda sendo construído, difuso, baseado nos renováveis.

Do ponto de vista da inovação, a Bioeconomia representa o desenvolvimento de produtos finais que implica o rearranjo de cadeias produtivas como um todo. Não se trata apenas de inovações de produtos e processos isoladamente, mas da viabilização de uma forte articulação ao longo de todo processo produtivo passando por diferentes sistemas sociotécnicos.

Neste contexto, o Brasil pela sua capacidade de desenvolver culturas competitivas e de referência mundial, tem na cana-de-açúcar e a soja, seus exemplos mais notórios. Mas, para ter uma posição de destaque na transição é preciso que se aproveite esta oportunidade, ampliando o uso da biomassa como matéria-prima pela indústria química. A disponibilidade de terra constitui apenas parte dos atributos para esta transição para os renováveis, sendo necessário garantir que a biomassa esteja disponível e seja competitiva em custos para fomentar investimentos para a sua adoção. O destaque do Brasil neste cenário é, sem dúvida, o uso do potencial da cana de açúcar pelo estágio maduro desta indústria, tendo atingido volume e custos que a colocam como uma indicação de matéria-prima competitiva no mundo. Na indústria química, a matéria-prima é necessária em escala e a tecnologia é um fator competitivo para que se garantam mercados através de produtos com desempenhos técnicos e custos de produção competitivos. Para a análise da transição será necessário que se reveja a cadeia produtiva como um todo (Bain&Company, 2014).

³ Para o conceito de *lock in* ver Arthur (1996).

A indústria química brasileira está entre as maiores do mundo, tendo se situado na sétima posição no ranking mundial pelo faturamento bruto em 2012. Ao mesmo tempo, a balança comercial brasileira de produtos químicos é crescentemente deficitária nos últimos anos, tendo registrado no mesmo ano um saldo negativo de US\$ 28,1 bilhões. A indústria química é o quarto maior setor industrial no país e, em 2011, respondeu por 2,5% do PIB brasileiro (ABIQUIM, 2015). Estes dados reforçam a sua importância no cenário econômico do país e parte dos desafios a serem enfrentados. Historicamente, o Brasil teve seu posicionamento tardio no segmento e, hoje apresenta um caráter pouco endógeno do processo de inovação. Estas inovações surgem mais como modernização, em que as empresas compram máquinas e equipamentos e importam tecnologia para atender o mercado demandante (*demand pull*) do que efetivamente geradoras de inovação. Este aspecto evidencia a dificuldade de *catching-up* tecnológico do país (Freeman, 1995).

O relatório elaborado pela empresa de consultoria Bain&Company (2014), financiado com recursos pelo BNDES, sobre oportunidades de diversificação da indústria química brasileira fez uma avaliação do potencial de diversificação desta indústria no país. O relatório destaca a matéria prima como um fator crítico no custo de produção do setor. Neste sentido, para o país, no contexto da Bioeconomia foi considerada uma vantagem competitiva o nível de desenvolvimento atual da cultura da cana, inclusive para a matéria-prima de segunda geração. Outro diagnóstico foi quanto à constatação do esvaziamento de diversas cadeias químicas e a concentração em poucos fornecedores como motivos para a baixa competitividade em diferentes segmentos da indústria. É preciso ressaltar que este relatório faz um diagnóstico de como especialistas do setor visualizam perspectivas, o que contribui para entender que uma agenda de inovação para a indústria é necessária sob múltiplos aspectos, a começar pela matéria prima⁴.

Esta disponibilidade e competitividade de recursos é fator de diferenciação para o setor. O estudo de caso no Brasil que melhor sintetiza esta nova organização que surge é a obtenção de etanol de segunda geração (2G) a partir de resíduos da cana-de-açúcar. No entanto outras fontes também podem ser estudadas como: resíduos florestais e agrícolas, resíduos urbanos, algas, novas culturas.

O processo de transição da indústria química de base fóssil para a química dos renováveis pode percorrer diferentes caminhos. Os especialistas destacam a cana como um potencial para a transição no caso brasileiro, pois o país é responsável por 40% da produção mundial (Bain &Company, 2014) em uma indústria já estruturada e explorada por diversos *players*. Trata-se de ampliar investimentos para além dos biocombustíveis, abrindo oportunidades que incluem os químicos renováveis com base em cana. O aumento de escala, a partir da cana-de-açúcar tanto em regiões de concentração de usinas já existentes, como em regiões de fronteira agrícola como o semiárido nordestino, pode acelerar investimentos em químicos renováveis (Bain&Company, 2014).

No momento em que a perspectiva da transição dos fósseis para os renováveis toma espaço nos fóruns internacionais, ganhando relevância em políticas governamentais e nas estratégias das empresas e países, a compreensão das variáveis que impulsionam ou limitam este processo passam a ser fonte de pesquisa como forma de garantir a apropriação do valor gerado pelas inovações.

Entre os participantes nesse processo de transição de sistemas tecnológicos estão os novos atores na perspectiva da indústria química, os principais *players* desta indústria baseada em renováveis em estruturação e, também os incumbentes, empresas químicas e grandes investidores do modelo estabelecido. A transição deve ser percebida por uma visão de longo prazo, já que o futuro arranjo da indústria química ainda está em aberto. Os arranjos

⁴No caso brasileiro, para as vantagens comparativas do Brasil ver Bain&Company (2014).

institucionais e organizacionais estão em processo de estruturação, em que há uma relação mútua entre as partes na construção do ambiente onde surgem as inovações (Coriat e Weinstein, 2002).

O processo de transição para o uso da biomassa altera a lógica predominante de acesso às matérias-primas, além da necessidade de tê-las de forma contínua. O referido processo de transição é um importante elo para construção de uma nova cadeia integrada de biocombustíveis e químicos orgânicos. Não se trata de uma decisão localizada e isolada, mas de uma tendência no mercado mundial. Decisão esta, que precisa ser estruturada dentro de um planejamento no sentido amplo, que inclui as dimensões: matéria prima, tecnologia, produtos e modelos de negócio (ATS, 2015).

Frohling *et al* (2011) destacam o quanto é difícil substituir o fóssil pela biomassa. Além das diferentes etapas do próprio processo produtivo, as matérias primas renováveis diferem ainda entre si em muitos aspectos, dentre os quais se ressaltam: operações de cultivo, colheita, provisão, distribuição, capacidade de estocagem, transporte e pré-tratamento. Esses aspectos ampliam a diversidade e a complexidade operacional que o processo exige. Não se trata, portanto, de arranjos organizacionais simples. Conclui-se que para se viabilizar uma indústria química a partir de renováveis é estritamente importante desenvolver modelos de negócio a partir da formação de parcerias entre diversos atores, exigindo complementaridade de recursos e competências, além de estruturas flexíveis.

Em resumo, uma análise inicial das matérias primas, tecnologias e produtos potenciais indicam o aspecto multinível e multissetores que o tema exige. É a introdução de novas estruturas, como por exemplo, as biorrefinarias⁵, em um mercado já estabelecido que requer que se vençam barreiras e resistências naturais às mudanças e se construam novos arranjos. Não se trata apenas de inovações, mas também da viabilização econômica, criando bioprodutos e bioprocessos. No processo de transição das matérias-primas renováveis as inovações sistêmicas envolvem múltiplos atores, produtos, tecnologias, estruturas. Para que o estudo da transição aborde o tema na sua amplitude é preciso um enfoque sociotécnico multisistêmico de análise, cujos argumentos teóricos serão discutidos a seguir.

2 – Argumentação teórica em Abordagem Sociotécnica e Perspectiva Multinível (MLP)

A transição para a maior participação das matérias-primas renováveis requer que se realizem mudanças estruturais profundas em setores diversos como: transporte, energia, agricultura e logística. Mudanças estas sistêmicas, descritas por Geels (2002) como transições sociotécnicas que envolvem alterações nas configurações gerais dos sistemas.

Segundo Geels (2004) o sistema sociotécnico consiste em um conjunto de elementos, que inclui tecnologia, regulação, práticas de mercado e usuários, cultura, infraestrutura, redes de relacionamento e redes de fornecedores. A inovação sistêmica pode ser entendida como uma mudança do sistema sociotécnico. Apresenta três aspectos que se destacam: a substituição tecnológica, a coevolução e o aparecimento de novas funcionalidades.

Para estruturar este sistema, Geels (2002) propõe um quadro analítico para estudar os processos de transição. A metodologia da perspectiva multinível (MLP) propõe explicar como as mudanças no ambiente sociotécnico acontecem a partir da inter-relação dos processos em três níveis: *landscape*, regime e nicho. O MLP de Geels e Schot (2007) permite uma visão transversal e interdisciplinar das variáveis envolvidas na transição.

A paisagem sociotécnica (ou *landscape*) inclui aspectos dos valores sociais que são intangíveis (crenças políticas, valores sociais, ideologias) e tangíveis (tendências macroeconômicas, como: preços, custos; *layout* urbano, demografia, meio ambiente). Refere-

5 O conceito de biorrefinaria segundo CGEE (2010).

se ao ambiente externo. É o aspecto mais amplo, no sentido de estar fora do controle dos atores individuais. Sob o aspecto teórico seriam os arranjos institucionais⁶.

O regime tecnológico se refere às práticas dominantes, regras e tecnologias que garantem estabilidade e reforçam os sistemas existentes. Diversos atores podem ser os responsáveis por alterar, manter e reproduzir o sistema sociotécnico vigente. As inovações competem com as tecnologias que se beneficiam justamente de sistemas bem desenvolvidos do regime. Para Geels (2012) nos regimes a inovação é principalmente incremental, dando origem a trajetórias estáveis em função de mecanismos de *lock-in* e *path dependence*⁷.

Os grupos de atores atuantes no regime são muitos e de interesses variados. Os *stakeholders* envolvidos possuem papéis e forças difusas no processo de transição. Embora as empresas pareçam ter o maior peso nos estudos de inovação (Teece, 1986), Geels (2012) afirma que é preciso superar esta crença e valorar os demais atores de peso também. Complementa que o regime é um conceito interpretativo que requer uma análise investigativa profunda por trás da estrutura e atividades do segmento em questão a ser analisado.

O nicho de inovação pode ser definido como um domínio específico onde atores assumem riscos em inovar apoiados por instituições específicas. Por exemplo, laboratórios de P&D, projetos subsidiados pelo governo e atores com exigências especiais dispostos a apoiar inovações emergentes (projetos militares).

Importante destacar que no MLP descrito por Geels e Schot (2007) as transições tecnológicas partem de inovações que surgem em nichos. Logo, são essenciais para o processo de transição porque fornecem as bases para a mudança sistêmica. Para a inovação passar do nicho para o regime pode ocorrer coexistência ou substituição. Em ambos os casos não é fácil, porque o regime existente é estabilizado por diversos mecanismos de *lock-in*.

Os níveis ajudam a construir e analisar a dinâmica da inovação na medida em que a transição tecnológica é um processo que deve incluir mudanças institucionais relevantes no sentido de romper o isolamento das iniciativas com alto potencial inovador. Isto para que possam ser colocadas em prática, e quem sabe, se transformar em um *design* dominante (Utterback, 1996). Como afirma Teece (1986) seria a passagem da fase preparadigma para a fase paradigma dominante pelo desenvolvimento evolucionário da ciência nestes estágios.

Uma visão crítica e complementar ao MLP de Geels é feita por diversos autores e pelo próprio, que procuram alternativas à abordagem de transição na perspectiva do MLP. As abordagens conforme Quadro 1 incluem: i) a tipologia do caminho de transição (Geels e Schot, 2007), ii) a coordenação de *locus* e recursos (Berkhout *et al*, 2004), iii) extensão do MLP mapeando as interações inter-sistemas (Papachristos *et al*, 2013), iv) políticas inclusivas e o desenvolvimento de nichos (Ratinen&Lund, 2015) e v) respostas às críticas (Geels, 2011).

A tipologia de Geels e Schot (2007) amplia a visão inicial de que as transições ocorrem pela interação dos três níveis, *landscape*, regime e nicho. Logo, tão importante quanto identificar os níveis de análise é investigar as interações entre estes níveis para que se compreenda a forma como a transição ocorre. Para os autores, a análise via perspectiva multinível unicamente não engloba as interações multisistemas que levam à emergência de novos sistemas, por isso é preciso conhecer as trajetórias da transição.

Para Berkhout *et al* (2004) a argumentação é de que a teoria do MLP dá muito mais ênfase ao papel do nicho tecnológico como principal *locus* da mudança do regime. Para os autores, na prática, poucas configurações apresentaram esta trajetória o que sugere problemas de inconsistência. Logo, há uma variedade diferente de contexto de transição no qual mudanças de regime podem ocorrer. Os problemas destacados foram: inconsistência em mapear o nível conceitual e empírico do regime sociotécnico, ambiguidade na relação entre

⁶ North (1990).

⁷ Rosenberg (1976).

nicho e regime, problemas em orientações a visão e possibilidade *top-down* (paisagem-regime) assim como *bottom-up* (nicho-regime).

A proposição apresentada foi para construir um modelo generalizado que levasse em consideração a coordenação dos atores e o *locus* dos recursos para eliminar os problemas apresentados. A coordenação distingue a transformação do regime do que é intencional da que surge de um processo evolucionário, e o *locus* é o grau de resposta das mudanças às pressões existentes, dependendo dos recursos disponíveis dentro e fora do regime.

Já Papachristos *et al* (2013) destacam que a maioria dos estudos do MLP considera o processo de transição de forma isolada, o que é limitante. Isto porque para os autores os caminhos de transição do MLP não garantem interações multisistemas que levam a emergência de novos sistemas. Por isso propõe um *framework* que define os limites do sistema em estudo e identifica os mecanismos, processos e atores que influenciam a evolução do sistema sociotécnico que podem fazer parte ou não do mesmo. Desta forma, é preciso distinguir regimes e nichos que são internos e externos à análise do sistema em foco, constituindo uma etapa importante para passar das interações e transições de intrasistemas para os de multisistemas. Nesta abordagem a inclusão da variável interna e externa trouxe uma dimensão multisistêmica para os autores.

Outra estruturação do MLP feita por Ratinen e Lund (2015) analisa como as políticas públicas podem influenciar o desenvolvimento de nichos. O estudo usou dados de quatro países sobre a energia eólica e solar e comparou o papel das políticas públicas no contexto de tecnologias emergentes. Para os autores a inclusão das políticas públicas contribui para o aparecimento de inovações e amplia o desenvolvimento dos nichos a partir de mudanças sociotécnicas. Quando a inclusão de políticas é baixa, pode resultar no desenvolvimento de inovação incremental ou até nenhuma. Incluem na descrição analítica alguns elementos, como o governo e a tecnologia, que podem alterar o caminho do nicho assim como o regime, reforçando a perspectiva do *Landscape* a partir de uma aplicação prática.

Dentro do contexto dos limites da abordagem teórica-aplicada, o próprio Geels (2011) descreve os processos de transição como complexos, de longo prazo e que requerem múltiplos atores. Para isso é preciso abordar a natureza multidimensional e a dinâmica estrutural. Para Geels (2011) as limitações da abordagem do MLP geram contrapontos com algumas teorias e críticas. Seria uma combinação entre economia evolucionária, estudos de ciência e tecnologia, teoria da estruturação e teoria neoinstitucional. Na sua análise, complementa ainda, que muitas críticas não podem ser resolvidas por apresentarem diferenças de pressupostos e até estilos acadêmicos.

Quadro 1 - Abordagens críticas e complementares ao MLP de Geels (2002)

| Abordagem | Artigos | Problema da abordagem MLP | Solução: Crítica / Complementariedade |
|---|----------------------------------|--|---|
| Tipologia do caminho de transição | Geels e Schot, 2007 | Transições ocorrem pela interação dos três níveis: <i>landscape</i> , regime e nicho. | Propõe ampliar a visão de níveis para conhecer as trajetórias da transição para compreensão da emergência de novos sistemas e as interações multisistemas. |
| Coordenação de <i>locus</i> e recursos | Berkhout <i>et al</i> , 2004 | Destacam problemas de inconsistência em mapear o nível conceitual e empírico do regime sociotécnico, ambiguidade na relação entre nicho e regime, problemas em orientações a visão e possibilidade <i>top-down</i> (paisagem-regime) assim como <i>bottom-up</i> (nicho-regime). | Propõe construir um modelo generalizado que leve em consideração a coordenação dos atores, distinguindo a transformação do regime do que é intencional da que surge de um processo evolucionário e o <i>locus</i> dos recursos, dado o grau de resposta das mudanças às pressões existentes, dependendo dos recursos disponíveis dentro e fora do regime. |
| Extensão do MLP mapeando as interações inter-sistemas | Papachristos <i>et al</i> , 2013 | Considera que a maioria dos estudos do MLP considera o processo de transição de forma isolada | Propõe um <i>framework</i> para distinguir regimes e nichos que são internos e externos à análise do sistema, identificando as interações e transições de intrasistemas para os de multisistemas. |

| | | | |
|--|----------------------|---|--|
| Políticas inclusivas e o desenvolvimento de nichos | Ratinen & Lund, 2015 | - | Aplica a abordagem MLP a políticas públicas e avalia como contribui para o aparecimento de inovações e amplia o desenvolvimento dos nichos a partir de mudanças sociotécnicas. Reforça a perspectiva do <i>Landscape</i> . |
| Respostas às críticas | Geels, 2011 | - | Revê a abordagem do MLP a partir das críticas e complementos que recebeu. |

Fonte: Autoria própria.

Em situações de transformação as incertezas abrem espaço para interpretações subjetivas que melhor se coordenam através de uma perspectiva multinível. Assim, a análise da perspectiva multinível de Geels (2004) é aplicada para o estudo da transição para as matérias primas renováveis na indústria química de forma a identificar os mecanismos, processos e atores que podem influenciar o sistema sociotécnico atual nas interações intra e multisistemas que levem a construção de um novo sistema. O problema da transição na indústria química para os renováveis não pode ser explicado apenas por uma transição nicho-regime, devendo contemplar uma maior complexidade ao incorporar uma visão multisistêmica, dando ênfase a políticas que permitam essa visão. Assim, as políticas podem exercer um papel fundamental para permitir transformações nos regimes existentes. Para isso é preciso identificar a existência de políticas e iniciativas e analisar se estas contemplam tais interações para aproximar a indústria estabelecida através de seus atores e iniciativas de outros sistemas sociotécnicos em que se encontram as oportunidades em novas matérias-primas.

3 – Políticas e iniciativas no Brasil

A multiplicidade de fatores e atores envolvidos neste processo de transição para renováveis torna difícil uma articulação estruturada entre os diferentes atores interessados de forma a obter uma agenda convergente e resultados satisfatórios como o alcance de uma competitividade diante da indústria estabelecida a partir de fontes fósseis sem a existência de políticas públicas. A análise é que para integrar uma abordagem multisistêmica, no caso dos renováveis, algumas alavancas devem ser impulsionadas para sustentar o desenvolvimento e a competitividade do país na indústria em foco, a química (Niko *et al*, 2013).

A primeira ou pelo menos a mais significativa iniciativa no caso brasileiro sob este enfoque é o Plano de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico - PAISS, lançado pelo BNDES e FINEP, em 2011 para a indústria.

3.1 - O PAISS

Uma retrospectiva histórica ajuda a compreender o papel mais ativo do estado e das políticas públicas consequentemente adotadas em um processo de transição sociotécnica. A avaliação sob o enfoque externo nos EUA de esgotamento do modelo do etanol de primeira geração e competição com alimentos fez com que o governo americano lançasse o *Renewable Fuel Standards* (RFS) em 2005, estabelecendo que toda aplicação para produção deveria ser através das gerações avançadas de biocombustíveis⁸. Este programa levou a um progresso tecnológico na conversão de biomassa, mesmo que em sua maior parte ainda em ambiente laboratorial ou escala experimental. A avaliação sob o enfoque interno era que o Brasil estava estagnado na primeira geração com poucos recursos aplicados em inovação e a coordenação dos projetos limitada à primeira geração. Não se mostravam relevantes para o país as tecnologias de conversão de biomassa (Milanez&Nyko, 2012). Dentro deste contexto, o

⁸ Segundo definição da *Energy Independence and Security Act*, o termo biocombustível avançado se refere ao combustível renovável que em seu ciclo de vida emita gases do efeito estufa (GEE) em no mínimo 50% a menos que a linha básica do ciclo de vida de emissão dos GEE, dada pelo combustível fóssil.

BNDES fez um diagnóstico de que era preciso direcionar esforços no setor sucroalcooleiro para estabilizar e aumentar a disponibilidade de crédito para inovação, focar em combustíveis avançados, aumentar a coordenação entre agências governamentais e criar um novo modelo para promover a inovação (Milanez&Nyko, 2012; Nyko *et al.*, 2010).

O Plano foi uma operação inédita entre o BNDES e a FINEP, e a dotação orçamentária inicial era de R\$ 1 bilhão para o período de quatro anos. Ao final do período da seleção, constatou-se que o montante requerido era muito maior do que o orçamento, havendo aprovação R\$ 3,3 bilhões de recursos, liberados em quatro anos. Foram selecionadas 25 empresas com 35 planos de negócios e 42 projetos (Nyko *et al.*, 2010).

O PAISS focou em projetos que incluíssem o desenvolvimento, a produção e a comercialização de novas tecnologias industriais destinadas ao processamento da biomassa oriunda da cana-de-açúcar. Os segmentos contemplados pelo PAISS foram divididos em três áreas temáticas: (1) tecnologias para o etanol celulósico (E2G), envolvendo coleta e transporte da palha de cana-de-açúcar, processos de pré-tratamento de biomassa, desenvolvimento dos processos para produção de enzimas e microrganismos, integração e escalonamento de processos; (2) novos produtos a partir de cana-de-açúcar como biomassa (química verde) com desenvolvimento de novos produtos obtidos a partir de processos biotecnológicos, integração e escalonamento de processos de produção de novos produtos obtidos diretamente da biomassa de cana; (3) tecnologias de gaseificação, envolvendo desenvolvimento de tecnologias de pré-tratamento de biomassa de cana, tecnologias de gaseificação, desenvolvimento de sistemas de purificação de gases e catalisadores associados à conversão do gás de síntese⁹ para a obtenção de diversos produtos (PAISS Chamada Pública, 2011).

Importante destacar que todas as áreas temáticas são direcionadas para a cana-de-açúcar. Outro fator de destaque é que a biotecnologia foi a rota escolhida para ser usada na área temática 1, E2G, e na área temática 2, novos produtos. Ressalta-se que mais do que tecnologias, o plano direcionou modelos de negócio que contemplavam toda a cadeia produtiva.

As áreas temáticas confirmam que não se trata de um plano específico para a indústria química, todavia, a área temática 2 (novos produtos de cana de açúcar como a química verde) abre uma janela de oportunidades para que as empresas do segmento possam participar do processo de desenvolvimento das tecnologias e estruturação do mercado de químicos renováveis a partir da cana como biomassa. Não há dentro desta área temática uma definição de tipos de produtos “desejados” que podem ser obtidos, ou seja, não há um direcionamento para produtos e mercados específicos da indústria química, podendo participar atores interessados em desenvolver diferentes tipos de químicos renováveis a partir da cana como biomassa pelo uso da biotecnologia.

3.1.1. Motivações para o desenvolvimento do PAISS industrial

O PAISS partiu de um diagnóstico, identificando uma situação de corrida pelos biocombustíveis celulósicos (E2G), em que o Brasil estava fora da competição, mesmo sendo um grande *player* no mercado internacional de etanol. Constatou-se que havia uma articulação internacional, tanto nos EUA quanto na Europa, sob o aspecto financeiro e de coordenação de diferentes agentes, capaz de promover esta corrida tecnológica para o E2G. Em contrapartida, outro diagnóstico é de que havia no país disponibilidade de biomassa da cana a baixo custo, em estágio maduro e uma oferta já estruturada como uma indústria com demanda de carros *flexfuel*¹⁰ crescente (Nyko *et al.*, 2010). Identificou ainda que havia uma tendência ao esgotamento das rotas tecnológicas vigentes de primeira geração. A atual tecnologia industrial

⁹É uma mistura de CO (monóxido de carbono), hidrogênio que pode ser usada como insumo para a obtenção de combustíveis líquidos e produtos químicos.

¹⁰ Veículos movidos a motores que permitem a utilização de mais de um combustível.

de produção do etanol data da década de 80 e, segundo especialistas, está no seu limite teórico. Esta avaliação motivou o desenvolvimento do plano que identificou três problemas como fonte desta situação: “baixa articulação entre os agentes envolvidos no setor (empresas, instituições de pesquisa e financeiras), baixa participação do setor privado em investimentos de inovação e iniciativas de pequeno porte, difusas e sem foco” (Nyko *et al.*, 2013).

Esta constatação da necessidade de juntar esforços em diferentes capacitações e habilidades vem também de uma análise comparativa com o que estava acontecendo nos EUA e na União Europeia (UE). Segundo Nyko *et al.* (2010), o Quadro 2 apresenta o resumo do diagnóstico que compara as iniciativas internacionais com o Brasil que deu origem ao PAISS.

Quadro 2 – Diagnóstico comparado das iniciativas em E2G do Brasil, EUA e UE.

| Programa | Capacidade de Coordenação | Volume de Recursos | Principais Desafios Tecnológicos | Unidades em operação |
|----------|---------------------------|--------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| EUA | Alta | Alto | Biomassa e Conversão Industrial | 9 plantas-piloto |
| EU | Média | Alto | Biomassa e Conversão Industrial | 9 plantas-piloto e 1 demonstração |
| BRASIL | Baixa | Baixo | Conversão Industrial | 2 plantas-piloto |

Fonte: Nyko *et al.*, 2010.

Este quadro indica que caminhos precisam ser construídos para ultrapassar os desafios iminentes. Ao mesmo tempo em que se observa uma vantagem competitiva na oferta da biomassa, a constatação da baixa capacidade de coordenação, o baixo volume de recursos e o estágio tecnológico atual se tornam fatores limitantes para todos os participantes deste mercado. Este diagnóstico permitiu que surgisse ao final do estudo do BNDES/FINEP um modelo diferente de apoio de agências federais, o PAISS industrial.

No que se refere à baixa articulação das cooperações institucionais, o PAISS condicionou que os projetos deveriam ser formados a partir de consórcios e parcerias. Foram formados sete consórcios entre empresas e dez parcerias entre empresas e universidades. Esta estruturação de planos de negócios em um formato de consórcio e com foco técnico e comercial permitiu uma integração da cadeia produtiva a montante e a jusante; da cultura da cana ao produto final; efetivando integração tecnológica. Este tipo de complementariedade, principalmente tecnológica, é um quesito básico para o desenvolvimento do P&D e ainda, para que os projetos sejam viáveis comercialmente. Logo, ampliou a diversidade de empresas envolvidas e criou interfaces até então não verificadas, ao unir empresas de biotecnologia com empresas da indústria química, por exemplo. Para resolver o problema das iniciativas serem de pequeno porte, difusas e sem foco, e da baixa participação da iniciativa privada, o PAISS criou um processo diferente de estruturação dos projetos que permitiu estimular o investimento por parte das empresas. O instrumento foi a construção de planos de negócios pelas empresas em que depois de submetidos era indicado pelo BNDES e FINEP o instrumento de apoio mais adequado a cada etapa de inovação. Os planos deveriam contemplar toda a cadeia produtiva da tecnologia, desde o desenvolvimento tecnológico, o escalonamento industrial até a comercialização do produto ou tecnologia. Ou seja, cada plano envolveria todo o empreendimento, eliminando os gargalos envolvidos, do acesso à matéria prima, passando pela estruturação da operação até a etapa de comercialização. Este formato múltiplo de financiamento se ampliou com o grau de articulação evitando duplicidade e criando sinergias entre projetos com estratégias complementares. Outro fator importante neste arranjo é quanto ao tempo para a viabilização dos projetos, acelerando o “time to market” ao direcionar apoios diferentes a cada etapa dos projetos (Nyko *et al.*, 2013).

A mudança de abordagem que o PAISS teve na sua concepção, se comparado com o formato tradicional de projetos que o BNDES/FINEP costuma usar, se deve à percepção do

modelo que melhor iria se adaptar a um mercado ainda em construção. Conforme citado anteriormente, os planos de negócio (PN) incluíram o escopo do projeto, desafios tecnológicos, estratégia de acesso aos ativos complementares, plano de escalonamento industrial e comercialização dos produtos. Inclusive estes PN poderiam apresentar diversas empresas em parceria, mas com o objetivo único de efetivar o PN acordado (Pereira, 2013).

3.1.2.– Articulação entre os diversos agentes

O trabalho inicial de diagnóstico e de articulação do processo junto à iniciativa privada tem sido o alicerce responsável pelo que parece ser um plano com resultados. No tema etanol celulósico ou de segunda geração (E2G) o PAISS viabilizou três plantas: uma em escala demonstrativa e duas comerciais. A capacidade destas plantas é de algo em torno de 140 milhões de litros/ano (Milanez *et al.*, 2015).

A análise dos PNs selecionados, com a presença de atores de diversas indústrias, permite compreender o aspecto multisistêmico que o PAISS conseguiu atingir. Os planos de negócios contemplaram empresas de diversos setores como: sucroalcooleiro, químico, biotecnologia, dentre outros. De um total de 31 planos de negócios e 25 empresas envolvidas, foram selecionados 16 projetos de E2G, 22 projetos para a área temática de novos produtos e 1 projeto de gaseificação. Como descrito, o valor total da carteira foi de R\$ 3,3 bilhões, dos quais 44% dos recursos foram para projetos E2G, 48% para projetos bioquímicos e 8% para projetos de gaseificação, conforme apresenta o Quadro 3.

Quadro 3 – Projetos derivados do PAISS por *status* e objetivo final

| Status | Nº de Projetos - Etanol 2G | Apoio Financeiro (R\$ milhões) | Nº de Projetos - Bioquímicos | Apoio Financeiro (R\$ milhões) | Nº de Projetos - Gaseificação | Apoio Financeiro (R\$ milhões) | Nº Total | Valor total (R\$ milhões) |
|--------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------|---------------------------|
| Perspectiva | 1 | 202 | 6 | 621 | 0 | 0 | 7 | 823 |
| Análise | 3 | 74 | 2 | 6 | 0 | 0 | 5 | 80 |
| Aprovado | 4 | 90 | 7 | 306 | 1 | 255 | 12 | 651 |
| Contratado | 8 | 1080 | 7 | 672 | 0 | 0 | 15 | 1752 |
| Total | 16 | 1446 | 22 | 1605 | 1 | 255 | 39 | 3306 |

Fonte: Nyko *et al.*, 2013.

A área temática de desenvolvimento de novos produtos (química verde) obtidos a partir da cana, utilizando biotecnologia e escalonamento de processos para conversão de biomassa requereu a maior parte dos recursos. Esta tendência da conversão de biomassa ir além da produção de etanol a partir de fontes celulósicas também se verificou no RFS. Nos EUA os projetos envolveram rotas biotecnológicas com algas, bactérias e microrganismos permitindo produzir uma gama de produtos da indústria química (CGEE, 2008).

Após a seleção inicial foi feito o processo de contratação dos projetos em que algumas mudanças foram constatadas. O valor total da carteira fechou em um valor menor, em R\$ 2,8 bilhões, dos quais 56% dos recursos foram para projetos E2G, 35% para projetos bioquímicos e 9% para projetos de gaseificação. Houve uma mudança nas participações, tendo o maior peso ficado com a área temática de etanol celulósico.

Uma análise mais detalhada do PAISS evidencia uma visão multisistêmica promovida pelo plano, quando se analisa quais empresas participaram do processo, como demonstra o Quadro 4. Verifica-se que na fase competitiva dos planos de negócio a diversidade foi grande, com empresas de diferentes tamanhos, ramos de atividade e base tecnológica. Como o requisito para as duas linhas temáticas era a rota biotecnológica, várias empresas de biotecnologia detentoras de tecnologias para a obtenção de biocombustíveis e bioprodutos a partir da celulose de açúcar foram selecionadas, como: Amyris, LS9, Mascoma, e Solazyme.

Dentre as participantes encontram-se importantes *players* da indústria química como: Dow, DuPont, DSM, Braskem (Ideom Tecnologia¹¹). Além de empresas de outros setores como Bunge (agronegócio), Eli Lilly (farmacêutica) e MetsoPaper (papel e celulose). E, ainda a Petrobras, do setor de óleo e gás, na linha temática de gaseificação e E2G. Outras empresas do setor de óleo e gás também participam: a BP com a DuPont no projeto da Butamax¹² e a Total que é acionária da Amyris, uma empresa de destaque na biotecnologia.

É importante destacar ainda a participação do Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), reconhecido pelas pesquisas na área da cana-de-açúcar, que passou de instituto para empresa de sociedade anônima, e o Instituto Finlandês de Pesquisa (VTT) se instalou no Brasil como uma empresa para ter acesso ao PAISS. Além do Brasil e EUA, outros países tiveram projetos aprovados no âmbito do PAISS como a Espanha, Dinamarca e Noruega.

Quadro 4 – Lista de empresas com Planos de Negócio Selecionados organizadas por Setor.

| Setor | Empresas | Linhas Temáticas | | |
|------------------------------|--|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Biotecnológico | Amyris Pesquisa e Desenv. de Biocombustíveis | | x | |
| | Barauna Comércio e Indústria Ltda. | | x | |
| | BiOMM S/A | x | | |
| | Ideom Tecnologia Ltda. | | x | |
| | LS9 Brasil Biotecnologia Ltda. | | x | |
| | Mascoma Brasil | x | | |
| | Novozymes Latin America Ltda. | x | | |
| Químico | Solazyme Brasil Óleos Renováveis e Bioprodutos Ltda. | | | x |
| | AGACÉ SUCROQUÍMICA Ltda. | | | x |
| | Dow Brasil S/A | x | x | |
| | DSM South América Ltda. | x | x | |
| | DU PONT DO BRASIL S/A | | | x |
| | Kemira Chemicals Brasil Ltda. | | | x |
| | Sucroalcooleiro | Abengoa Bioenergia Agroindustrial Ltda. | x | |
| BioFlex Agroindustrial Ltda. | | x | | |
| ETH Bioenergia S.A. | | x | x | |
| PHB Industrial S/A | | | | x |
| P&D | CTC - Centro de Tecnologia Canavieira S.A. | x | x | |
| | METHANUM ENGENHARIA AMBIENTAL Ltda. | | | x |
| | VTT Brasil - Pesquisa e Desenvolvimento Ltda. | x | x | |
| Outros | Bunge Açúcar e Bioenergia Ltda. (Agronegócio) | | | x |
| | Butamax Biocombustíveis Avançados (BP / DuPont) | | | x |
| | Eli Lilly do Brasil Ltda (Farmacêutica) | x | | |
| | Metso Paper South America Ltda (Papel e Celulose) | x | | |
| | PETRÓLEO BRASILEIRO S/A (Energia e Petróleo) | x | | x |

Fonte: PAISS Planos Selecionados, 2011.

Esta heterogeneidade de *players* nacionais e internacionais, de ramos de atividade variados, com capacitações e habilidades diferentes e de tamanhos diversos, indica uma pluralidade típica de um segmento em construção. O destaque fica para a mudança de eixo estruturante que o plano propõe: do produto etanol para a matéria prima alvo, a cana de açúcar. Constitui uma iniciativa importante para a transição para os renováveis que requer esforços de coordenação mobilizando recursos para a inovação com direcionamento de P&D tecnológico.

3.3 – PAISS e a Perspectiva Multinível

No processo de transição para uma economia baseada em renováveis estratégias de longo prazo precisam ser traçadas. Apesar da originalidade da forma, o PAISS é um plano e não uma política pública na direção pretendida. Os instrumentos de comando e controle (normas, regras, leis) não fizeram parte do escopo do plano, o que dificulta a atuação dos

¹¹ A Ideom Tecnologia era o braço tecnológico da indústria química brasileira Braskem, responsável pelo desenvolvimento de novas tecnologias para a empresa, principalmente os negócios ligados à química renovável, tendo sido reincorporada pela Braskem em 2012.

¹² *Joint-venture* entre a BP e a DuPont para o desenvolvimento tecnológico do biobutanol, uma molécula que pode ser utilizada como combustível e como plataforma para a obtenção de derivados.

agentes, quer sejam incumbentes ou não, de ter uma visão de longo prazo. Com isso, questionam-se as condições para desenvolver iniciativas futuras que não estejam inseridas no âmbito do PAISS. As mudanças nos sistemas sociotécnicos requerem uma dinâmica dos participantes que leva em consideração as incertezas e o risco dos investimentos. O *landscape*, neste sentido, precisa criar mecanismos contínuos para acessar e estimular os regimes existentes e promover iniciativas nos nichos de experimentação, não de forma isolada ou restrita a um plano ou programa específico. Outro ponto é que o direcionamento para o mercado não se resume apenas a tornar produtos comerciáveis, mas principalmente de criar mecanismos para garantir demanda. O desenvolvimento de químicos renováveis pode implicar em custos de mudança relevantes pelos compradores e a sua adoção dependerá de incentivos relativamente duradouros para permitir o retorno dos investimentos realizados ao longo das cadeias produtivas.

O PAISS, como um plano, tem relevância pelos estudos e diagnósticos promovidos e incentivos para a estruturação dos modelos de negócio. O plano permitiu ao agente público conhecer as direções, apostas tecnológicas e escolhas estratégicas de diversas empresas e especialistas do setor. Neste sentido, foi possível perceber o direcionamento de empresas de perfis diferentes, inclusive daquelas participantes do regime sociotécnico da indústria química e de outros regimes (agronegócio, óleo e gás, outros) que se habilitaram ao processo. Este pode ser um aprendizado quanto à diversidade de agentes e quanto à amplitude que o processo de transição para os renováveis na indústria química pode representar. É a análise multisistêmica que requer um trabalho em rede para que inovações disruptivas aconteçam. Para isso, é preciso escala, processos de aprendizagem e financiamento da inovação. Em parte, o PAISS atende a estes critérios, pois promove experiências em escala comercial, no nível de nicho (aprendizagem) inicialmente e oferece recursos financeiros para que os projetos avancem em escalas comerciais.

No caso do PAISS as escolhas foram feitas a partir de um processo estruturado de seleção. Inicialmente cartas de interesse, posterior seleção de empresas e ainda o plano de negócios para análise final. A própria divisão temática já representou um corte em projetos e direcionamento de estratégias. Mas o destaque vai para o aspecto de livre iniciativa por parte dos agentes que se habilitaram. Sendo de escolha própria, e mesmo que por motivos diversos, a decisão de participar indica possíveis escolhas de caminhos produtivos e tecnológicos que não estão estruturados como uma cadeia produtiva como um todo, estão sendo testados pela estrutura que o plano permitiu. Outra questão é a amplitude dos participantes, que pode indicar mais um reforço nestas escolhas. Estes fatores em conjunto sinalizam a diversidade e enfatizam as interações entre sistemas apontando a necessidade de uma análise a partir da perspectiva multinível e multisistêmica apresentada por Geels (2002, 2007).

Outro fato que deve ser destacado nesta análise é quanto à presença de grandes empresas pertencentes ao regime estabelecido da indústria química estarem em conjunto com empresas de nichos como as de biotecnologia, indicando uma diversidade e complexidade que não devem passar despercebidas. As empresas da indústria química com base em produtos e processos apresentam uma dinâmica muito diferente das firmas de base de conhecimento tecnológico. São empresas de sistemas diferentes que parecem compreender que o processo de transição requer complementariedades com as quais o trabalho conjunto tende a permitir. Em que as empresas de nicho parecem fortalecer em parte a visão *bottom-up* apresentada por Geels (2002), ao se unirem as empresas do regime para que as inovações possam ser ajustadas ao longo do tempo até ganhar mercado. A participação da indústria química em diversos projetos na linha dos renováveis, não restrito ao PAISS, indica no mínimo um posicionamento estratégico, que está diretamente relacionado com as oportunidades e ameaças que uma possível inovação pode gerar no sistema sociotécnico. Por isso, o fato de terem atores da

indústria química neste trajeto indica que o regime estabelecido quer estar posicionado também neste possível novo sistema.

Esta estrutura multidimensional criada pela organização de parcerias e cooperação que o PAISS promoveu pode ser evidenciada ainda mais quando analisadas as diferentes empresas participantes (inclusive de diferentes nacionalidades), de setores como: sucroalcooleiro, petróleo, alimentos, papel e celulose, dentre outros. Esta multiplicidade evidencia o aspecto multisistêmico da transição para os renováveis. Indica ainda, sob um aspecto mais amplo do que uma visão apenas do PAISS, de que as intervenções de políticas públicas devem ser sensíveis à dinâmica do processo de transição de longo prazo para explorar as opções e melhorar o potencial das soluções inovadoras. O Quadro 5 a seguir resume a abrangência do PAISS quanto ao processo de transição da Indústria Química.

Quadro 5 – O PAISS e a perspectiva multinível na transição da Indústria Química para os renováveis.

| Nível sociotécnico | Abrangência do PAISS sob o enfoque da Indústria Química |
|----------------------|---|
| Landscape (paisagem) | Atende a crescente valorização do uso de recursos renováveis, estimula a busca de matérias-primas renováveis mais competitivas (biomassa lignocelulósica e etanol de segunda geração a partir de cana). |
| Regime | Promove a participação de empresas do regime estabelecido (incumbentes da indústria química) e de outros regimes (agronegócio, sucroalcooleiro, óleo e gás, outros) |
| Nicho | Promove a experimentação de tecnologias diversas tendo a biotecnologia como plataforma, estimulando a participação das empresas de base biotecnológica. Apóia a estruturação de iniciativas e modelos de negócio em torno da obtenção de produtos químicos de base renovável. |

Fonte: Autoria própria.

O PAISS pode e deve ser usado como um aprendizado para o próprio processo de transição para o uso de matérias-primas renováveis na indústria química. O diagnóstico do plano não abordou alguns aspectos como: o gargalo tecnológico, a presença de indicadores tecnológicos para avaliar os caminhos e o estabelecimento de metas de desempenho para validar estes caminhos (Pereira, 2013). Estes fatores precisam ser analisados em conjunto com políticas públicas para que se resolvam as questões críticas de se investir em ativos intensivos em capital onde o retorno de longo prazo do investimento precisa ser protegido das incertezas.

3.4 – Outras iniciativas e políticas

Recentemente, diagnósticos sobre as oportunidades existentes e a natureza dos esforços necessários para a indústria química foram realizados pela Agenda Tecnológica Setorial (ATS, 2015), pelo Estudo de Diversificação da Indústria Química (Bain&Company, 2014) e Estudo sobre as perspectivas do etanol2G (Milanez *et al*, 2015), mas ainda não se concretizaram em iniciativas de políticas.

No âmbito da Agenda Tecnológica Setorial o foco é a identificação de tecnologias relevantes para a competitividade do setor no horizonte de 15 anos. Foi identificada como uma oportunidade clara para a indústria química a exploração dos renováveis, indicando matérias-primas e tecnologias promissoras e prioritárias para a formação de uma agenda e coordenação de esforços. Tais tecnologias foram identificadas e avaliadas por especialistas oriundos da academia, governos e empresas. O resultado não se limita à cana-de-açúcar como matéria-prima, tendo sido identificadas outras oportunidades de biomassa, como por exemplo, diferentes materiais lignocelulósicos, oriundos de resíduos agrícolas, florestais, algas, oleaginosas e lixo.

O estudo do potencial de diversificação da indústria química brasileira, elaborado pela Bain&Company (2014), já citado neste artigo, partiu de um diagnóstico de déficit crescente na balança comercial do setor químico para traçar possibilidades de se reverter este quadro a

partir das oportunidades mais promissoras e competitivas. Na linha de construção institucional o trabalho indica pontos que possam contribuir para nortear políticas públicas futuras, dando ênfase aos produtos de maior valor agregado na indústria. Segundo o estudo um dos fatores limitantes para o potencial de diversificação da indústria química brasileira é a dimensão matéria prima. Mesmo tendo vantagem em alguns segmentos, como: celulose e aditivos alimentícios, em outros possui uma “clara desvantagem competitiva”. O foco desta desvantagem foi atribuído à baixa disponibilidade ou baixa competitividade de custo em insumos básicos nas cadeias de, por exemplo, especialidades químicas e derivados petroquímicos. Mas que podem se transformar em alavancas competitivas quando utilizados insumos de origem renovável. O trabalho indica que as rotas tecnológicas alternativas, a partir de biomassa, podem representar um faturamento de US\$ 15 a 35 bilhões em 2030, o que abre possibilidades que precisam se viabilizar primeiro, a começar pela matéria-prima.

Os desafios na dimensão matéria prima petroquímica e matéria prima cana de açúcar são pontos a serem ultrapassados, assim como aprimoramento do ambiente regulatório, infraestrutura logística das cadeias produtivas, inovação tecnológica com foco primário e de química da biomassa, além de questões econômicas como política fiscal. Ressalta que ultrapassar estes gargalos requer um esforço de “governança” entre a iniciativa pública e privada. O trabalho indica um cenário que se aproveitado pode levar a políticas estruturadas de longo prazo.

O Estudo sobre as perspectivas do etanol2G (Milanez *et al.*, 2015) também apresenta uma avaliação e sugestões de políticas públicas para fomentar investimentos que se traduzam em ganhos de escala e melhorias de eficiência com vistas a resgatar a competitividade tecnoeconômica do setor. O trabalho constrói cenários de curto e longo prazos apresentando rotas, mas sempre com foco no etanol como combustível. A pesquisa elaborada constrói, como descrito por Bomtempo & Alves (2015), unidades integradas eliminando os problemas de entressafra pelo uso da cana energia (baseada em palma e colmos integrados) e gerando energia da vinhaça a partir do biogás. O estudo menciona a possibilidade de se usar “um ciclo intenso de investimentos na química renovável, atraídos pelo açúcar de custo baixo proveniente da biomassa”. Neste caso, os produtos químicos estariam junto com o E2G, o que segundo o estudo, poderia posicionar o país como referência para localização de biorrefinarias. Estas oportunidades só ocorrerão com investimentos em novas refinarias, em tecnologia, cadeia produtiva e P&D; mas para isso é preciso implementar os mecanismos de políticas públicas necessários.

Os passos iniciais estão ocorrendo sob o aspecto institucional também. A proposta de integrar o Programa Nacional de Plataformas do Conhecimento (PNPC) com o objetivo de unir educação, ciência, tecnologia e inovação ganhou recentemente o apoio da Embrapa para integrar também neste processo a criação de uma Plataforma Nacional de Biorrefinarias Integradas, a Plataforma BioBrasil (Machado, 2015). Mesmo sendo uma intenção, já indica um movimento.

Estas outras iniciativas e políticas indicam que identificar matérias primas competitivas e tecnologias emergentes promissoras é um passo importante para constituir uma nova indústria a partir de matérias primas. Inclusive dados provenientes destes estudos informam que para ser uma realidade, esta estruturação requer investimentos da ordem de US\$ 20 bilhões para que em 2020 os renováveis representem 10% do setor químico brasileiro (Bain&Company, 2014). É um esforço que implica mudanças sociotécnicas consideráveis. Entende-se que estes estudos podem subsidiar a elaboração de políticas públicas de inovação.

Essas iniciativas não se concretizaram em políticas, mas já são medidas iniciais para se avaliar impactos e oportunidades sobre os nichos, regimes e o *landscape* envolvidos. Mesmo apresentando motivações distintas estes trabalhos possuem a qualidade de colocar em debate o tema da transição mesmo que não se caracterizem como tal. A falta de coordenação entre

estes estudos, que aparentemente são independentes, no que se refere à análise dos caminhos da transição, parece indicar que pressões do sistema sociotécnico estão ocorrendo. Mas podem ser fatos importantes para o desenvolvimento da transição, pois como descrito por Geels (2004): “o processo de difusão não é estruturado, e possui momentos de aceleração e desaceleração, no início as inovações começam como insignificantes e não claras”.

4 – Conclusão

A transição para o uso de matérias-primas renováveis, percebida a partir de uma abordagem sociotécnica, é um movimento complexo e multisistêmico. Para que se efetive é preciso um esforço amplo de coordenação já que envolve interesses diversos. A participação de empresas de diferentes segmentos permite que experiências sejam conduzidas pela complementaridade. Por isso, é preciso que os modelos de negócio devam ser estruturados a partir de uma coordenação levando em consideração uma integração da cadeia, do *input* ao *output* do processo produtivo, como ponto crucial para o sucesso das iniciativas. Este aspecto endógeno do processo de transição deve se alinhar ao aspecto exógeno com a construção de uma agenda em que se delineiem os papéis dos agentes, coordenadores ou não, para que as interfaces entre sistemas e dentro do próprio sistema sociotécnico ocorram.

A transição na indústria química do carvão para o petróleo e gás evidenciou a importância da matéria-prima como fator estruturante e do estoque de competências tecnológicas necessárias, além da integração com outros setores para que surgisse a petroquímica. São lições importantes para o processo de transição da indústria química para os renováveis, todavia este processo em curso se dá em um contexto diferenciado. Enquanto na transição passada a oportunidade se dava pela disponibilidade de matéria-prima, a transição para os renováveis se dá em um contexto de escassez de recursos competitivos, cuja base tecnológica se diferencia ainda em função da matéria-prima usada. A transição dependerá fortemente de políticas e incentivos que colaborem para a corrida pelo desenvolvimento de matérias-primas competitivas e integradoras de uma cadeia produtiva como um todo e certamente a partir de diferentes tipos de matérias-primas como insumo.

Este cenário amplo para indústria química parece estar sendo estruturado conjuntamente para os químicos a base de renováveis e os biocombustíveis. Esta junção fortalece a criação de um novo regime, que precisa do apoio do *landscape* para construção de infraestrutura, tecnologia e regulamentação. A construção de um novo regime requer investimentos em inovações de nicho e apoio de outros regimes sociotécnicos que precisam de um esforço conjunto para superar gargalos em muitas etapas. As políticas públicas são fonte importante para esta transição.

O processo de transição da indústria química para os renováveis requer uma análise multisistêmica, quer seja pela dinâmica dos múltiplos agentes ou pelas interações multiníveis. O plano apresentado, o PAISS, se destaca por ser um programa nos moldes de estruturação da cadeia com recursos e estratégias públicos. Por isso, o PAISS se adequa em parte a esta visão quando considera a dinâmica dos atores envolvidos. Isto, ao levar em conta, a influência relativa dos diferentes agentes em moldar as mudanças tecnológicas, quando organiza planos de negócios com uma rede de atores e grupos sociais pertencentes a regimes sociotécnicos distintos. Mas, no que tange as interações multiníveis é preciso avaliar as relações com o contexto sistêmico, o *landscape*, em que as políticas públicas se situam. São as regras formais e cognitivas que guiam as atividades, para que as transformações estimuladas no nível dos nichos coexistam e interajam com os regimes existentes e se estabeleçam ao longo do tempo.

As políticas precisam apresentar uma perspectiva de coordenação interna, mesmo que um processo de transição seja de certo modo caótico, na medida em que resulta de diferentes fatos, muitos não planejados (incerteza), dadas as múltiplas interações e diversos atores envolvidos. As políticas têm um caráter de institucionalização de *drivers* do *landscape* que

podem estimular experiências no nível dos regimes estabelecidos, fugindo da clássica ideia de experimentação em nichos baseada unicamente no movimento *bottom-up*.

Embora o PAISS não se configure como uma política, mas sim um plano, o mesmo tem potencial para trazer lições importantes para os agentes públicos e as empresas. O contexto é favorável para a discussão e elaboração de uma política específica para a indústria química dada a oportunidade em renováveis e as dificuldades para o aumento de sua competitividade no regime sociotécnico dominante. Os estudos setoriais apresentados da Bain&Company, ATS e E2G e o próprio PAISS, além de instrumentos importantes para o diagnóstico e a promoção da discussão em diversas esferas, podem e devem acessar os gatilhos da transição multisistêmica de forma a permitir o melhor posicionamento competitivo do país no aproveitamento da biomassa para a construção de uma indústria química a partir de renováveis. Desta forma, será possível ultrapassar a posição de fornecedor de matéria-prima para um *player* no mercado mundial da indústria química ofertante de produtos de maior valor agregado e de base tecnológica.

A análise da transição para os renováveis tem sido foco de diversos trabalhos a partir da abordagem da perspectiva multinível, inclusive com uso de estudos de caso em diferentes segmentos da economia. A amplitude das variáveis envolvidas e as relações intersistêmicas dificultam estabelecer os caminhos de transição na presença de inovações emergentes em regimes estabelecidos para surgimento de novos sistemas. Assim, a pesquisa sobre interações multiregimes e multisistemas é uma etapa importante para construção de possíveis cenários que permitam reduzir as incertezas inerentes ao processo de introdução de uma inovação. Neste sentido, o trabalho explora os desafios da transição e inicia uma contribuição para compreender de que forma as iniciativas e políticas que estão sendo construídas no país podem ser mais efetivas. A introdução do tema transições sociotécnicas para os renováveis é um passo nesta direção. Esta abordagem abre espaço para futuras investigações em que se amplie e se aprofunde os estudos com a aplicação da perspectiva multinível para avaliar a natureza dos projetos e contratos selecionados, além da interface entre estes projetos e as empresas que vem participando deste processo de transição para os renováveis. Diante de um quadro de tantas incertezas é preciso ampliar as discussões sobre a natureza das transições sociotécnicas das matérias primas-renováveis na indústria química brasileira.

REFERÊNCIAS

- ABIQUIM. Disponível em: <http://www.abiquim.org.br/pdf/indQuimica/AIndustriaQuimica-SobreSetor.pdf>. Acessado em: 3 de junho de 2015.
- Agenda Tecnológica Setorial: Química Renovável Estrutura e Dinâmica do Setor. (ATS) (2015) Plano Brasil Maior. Bomtempo, J.V.
- Arthur, W. B. (1996), Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events. Harvard Business Review, Julho-Agosto.
- Bain&Company. (2014), *Potencial de diversificação da indústria química brasileira*. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br>. Acessado em: 20 de maio de 2015.
- Bennett, S.J. (2009), The Socio-technical Dynamics of Chemical Feedstock Transitions: The case of renewable raw materials in the UK. 323 f. Dissertação de Doutorado - Imperial College London, London.
- Bennett, S.J. (2012), *Using past transitions to inform scenarios for the future of renewable raw materials in the UK*. Journal Energy Policy, v.50, p95-108.
- Berkoutet al. (2004), *Socio-technological regimes and transition contexts*. System Innovation and the Transition to Sustainability, Edward Elgar. 2004
- Bomtempo, J. & Alves, F. (2015), *Bioeconomia em construção – existe uma agenda de inovação para a bioeconomia no Brasil*. Disponível em: <https://infopetro.wordpress.com/category/biocombustiveis/>. Acessado em: 1 de junho de 2015.
- Bomtempo, J.V. e Alves, F.C.(2013), *Competências para inovar e o futuro da indústria do etanol*. Disponível em: <http://infopetro.wordpress.com/2013/06/03/o-futuro-dos-biocombustiveis-xvii-competencias-para-inovar-e-o-futuro-da-industria-do-etanol-no-brasil/> Acesso em: 10/08/2013.
- CGEE, BNDES.(2008). *Bioetanol de cana-de-açúcar: Energia para o desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro.

- Coriat, B., Weinstein, O.(2002), *Organizations, firms and institutions in the generation of innovation*. ResearchPolicy.
- Freeman, C.(1995), *The National system of innovation in historical perspective*. Cambridge Journal of Economics, v. 19, pp.5-24.
- Frohling *et al.*(2011), *Logistics of renewable raw materials*. Renewable raw materials. New feedstocks for the chemical industry, First Edition.
- Geels F.W e Schot J, (2007), *Typology of sociotechnical transition pathways*. Res Pol 36:399–417.
- Geels, F. (2011), *The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms*. Environmental Innovation and Societal Transitions 1.
- Geels, F.W. (2012), *A socio-technical analysis of low-carbon transitions: introducing the multi-level perspective into transport studies*. J. Transp. Geogr.
- Geels, F.W. (2002), *Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study*. ResearchPolicy 31 (8–9), 1257–1274.
- Kern, F. (2011), *Using the multi-level perspective on socio-technical transitions to assess innovation policy*. Technological Forecasting & Social Change.
- Machado, N. (2015), *Plataforma Nacional de Biorrefinarias aponta o caminho para economia do futuro*. Embrapa Agroenergia. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2953542/plataforma-nacional-de-biorrefinarias-aponta-o-caminho-para-economia-do-futuro> Acessado em: 15/05/2015.
- Milanez, A. *et al.* (2015), *De promessa a realidade: como o etanol celulósico pode revolucionar a indústria da cana-de-açúcar – uma avaliação do potencial competitivo e sugestões de política pública*. BNDES Setorial, n. 41. BNDES, Rio de Janeiro.
- Milanez, A., Nyko, D. (2010), *O Futuro do setor Sucroenergético e o papel do BNDES*. BNDES 60 anos – perspectivas setoriais. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Publicacoes/Consulta_Expressa/Tipo/BNDES_S_Setorial/201210_11.html. Acessado em: 20 de maio de 2015.
- Mowery, D., Rosenberg, N.(2005), *Trajatórias da inovação: a mudança tecnológica nos Estados Unidos da América no século XX*. Campinas: Editora da Unicamp.
- North, D. (1990), *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge University Press.
- Nyko, D. *et al.* (2010), *A corrida tecnológica pelos biocombustíveis de segunda geração: uma perspectiva comparada*. BNDES Setorial, n. 32, p. 5-48. BNDES, Rio de Janeiro, set.
- Nyko, D.*et al.* (2013), *Planos de fomento estruturado podem ser mecanismos mais eficientes de política industrial? Uma discussão à luz da experiência do PAISS e seus resultados*. BNDES Setorial, n. 38. BNDES, Rio de Janeiro.
- OCED, (2009), *The Bioeconomy to 2030: designing a policy agenda*, OECD.
- PAISS CHAMADA PÚBLICA, 2011. Disponível em <<http://www.finep.gov.br/editais/encerrados.asp>>. Acesso em 03/06/2015.
- PAISS Planos Seleccionados, (2011), Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Areas_de_Atualizacao/Inovacao/paiss/. Acessado em: 03/06/2015.
- Papachristos, G. ,Sofianos, A. (2013), *System interactions in socio-technical transitions: extending the multi-level perspective*. Environmental Innovation and Societal Transitions.
- Pereira, F. (2013), *Comparação internacional de programas de subvenção a atividades de PD&I em biocombustíveis*. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro, RJ: UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Ratinen, M.; Lund, P. (2015), *Policy inclusiveness and niche development: Examples from wind energy and photovoltaics in Denmark, Germany, Finland, and Spain*. Energy Research & Social Science.
- Rosenberg, N. (1976), *Perspectives on Technology*. New York: Cambridge University.
- Spitz, P., (1988). *Petrochemicals: the rise of an industry*, John Wiley.
- Teece, D. (1986), *Profiting from technological innovation: implications for integration, collaboration, licensing and public policy*. Research and Policy, vol.15, pp. 285-305.
- Utterback, J.(1996), *Dominando a Dinâmica da Inovação*. Rio de Janeiro: Qualitymark.
- Vandermeulen, V.; Van der Steen, M; Stevens, C. V.; Van Huylenbroeck, G. (2012), *Industry expectations regarding the transition toward a biobased economy*. Biofuels, Bioprod. Bioref..