

**CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

Gabriel Thomé

**(IN)VIABILIDADE DA TRANSFORMAÇÃO NA MATRIZ ENERGÉTICA  
BRASILEIRA**

Santa Cruz do Sul  
2015

Gabriel Thomé

**(IN)VIABILIDADE DA TRANSFORMAÇÃO NA MATRIZ ENERGÉTICA  
BRASILEIRA**

Trabalho de conclusão apresentado ao  
Curso de Ciências Econômicas da  
Universidade de Santa Cruz do Sul para  
obtenção do título de Bacharel em  
Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Heron S.M. Begnis

Santa Cruz do Sul  
2015

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos mestres do meu  
saber, da pré-escola à graduação, que  
expandiram meus horizontes no longo  
caminho até aqui.*

## RESUMO

O *status* atual da matriz energética é insustentável, pois sua dependência de materiais fósseis implica em impacto ambiental elevado e despreparo para alterações que signifiquem quebra do *design* dominante. Esta situação pode ser compreendida pela teoria do Pico do Petróleo e pela abordagem entrópica do processo econômico, oriunda da Física, que indica a energia solar como ideal em eficiência e conservação de baixa entropia. Para entendimento das barreiras à alteração rumo ao idealizado, se utiliza como base teórica a Nova Economia Institucional, contrapondo o histórico de tentativas de alteração da matriz energética e a situação do mercado energético, com foco no Brasil. A análise também faz uso dos conceitos da Escola Austríaca de economia, com foco no processo de mercado e em agentes privados. Assim, a elaboração de cenário propício à mudança lida com ambiente institucional amigável ao processo de mercado afirmado pela Escola Austríaca. A metodologia utilizada foi de dedução complementada por investigação histórica, visando compreender as barreiras que o *status* atual forma à inflexão na matriz energética e construção de ambiente propício a ela. A construção empreendida indica inadequação do ambiente institucional atual a alterações na matriz energética, sendo que as alterações necessárias à adequação devem ser realizadas via ação no nível institucional, para que este seja propício ao processo de mercado, que pode levar à inflexão no modelo de produção econômico. Porém, as mudanças relacionam-se com o contexto macroeconômico brasileiro, sendo que conclui-se que mesmo a adequação do ambiente institucional, constituindo ambiente estável à atividade empresarial via instituições inclusivas de abrangência global no contexto econômico, não bastaria à mudança, pois as instabilidades econômicas configuram desincentivos à atividade empresarial.

**Palavras chave:** matriz energética, mercado elétrico, energia solar, entropia, pico do petróleo.

## ABSTRACT

The current status of the energy mix is unsustainable because their dependence on fossil materials implies high environmental impact and unpreparedness for changes that mean breaking the dominant design. This can be understood by the Peak Oil theory and the entropic approach of the economic process, originated in Physics, indicating solar energy as ideal efficiency and conservation low entropy. To understand the barriers to change towards the idealized, is used as a theoretical basis the New Institutional Economics, contrasting historical change attempts of the energy matrix and the situation of the energy market, focusing on Brazil. The analysis also makes use of the concepts of the Austrian School of economics, focusing on market process and private agents. Thus, the preparation of key opportunity to change handle friendly institutional environment for market process affirmed by the Austrian School. The methodology used was deducted complemented by historical research, to understand the barriers the current status form the inflection in the energy matrix and building environment favorable to it. The construction undertaken indicates inadequacy of the current institutional environment to change in the energy matrix, and the changes necessary for adaptation should be performed by action at the institutional level, so that it is propitious to the market process, which can lead to inflection in production model economic. However, the changes relate to the Brazilian macroeconomic context, and it appears that even the adequacy of the institutional environment, providing stable environment for business activity through inclusive institutions of global scope in the economic context; not enough to change, because economic instability constitute disincentives to business activity.

**Key words:** energy matrix, electricity market, solar energy, entropy, peak oil.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1 - Construto Teórico.....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 2 - Ambiente Institucional e Lógica de Causação.....</b>	<b>99</b>
<b>Gráfico 1 - Composição da Conta de Energia Elétrica no Brasil.....</b>	<b>64</b>
<b>Quadro 1 - Incentivos Públicos à Geração de Energia Elétrica por Fontes Renováveis.....</b>	<b>74</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Razão de preços: álcool/gasolina (média do mês de julho de 2015)	55
Tabela 2 - Percentual de utilização de fontes de produção de biodiesel no Brasil (julho de 2015).....	59
Tabela 3 - Consumo e custo da energia elétrica na Souza Cruz .....	93
Tabela 4 - Fluxo de caixa do orçamento de investimento.....	95

## LISTA DE ABREVIATURAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANFAVEA	Associação dos Fabricantes de Veículos
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ASMAE	Administradora de Serviços do Mercado Atacadista de Energia Elétrica
BACEN	Banco Central do Brasil
BTU	<i>British Thermal Unit</i>
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CERA	<i>Cambridge Energy Research Associates</i>
EUA	Estados Unidos da América
IAA	Instituto do Açúcar e Alcool
ICMS	Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IEA	<i>International Energy Agency</i>
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
MME	Ministério de Minas e Energia
NEI	Nova Economia Institucional
ONS	Operador Nacional do Sistema
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
PNA	Programa Nacional do Alcool
PNPB	Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel
PRI	Primeira Revolução Industrial
PróAlcool	Programa Nacional do Alcool
PROINFA	Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia Elétrica
SIN	Sistema Interligado Nacional
SRI	Segunda Revolução Industrial
TIR	Taxa Interna de Retorno
UE	União Europeia
VF	Valor Futuro
VP	Valor Presente
VPL	Valor Presente Líquido



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1 Problema de Pesquisa.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2 Objetivos .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>13</b>
<b>1.3 Justificativa .....</b>	<b>13</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Modelo de produção, Matriz Energética e Urgência da Mudança .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.1 Pico de Petróleo e Renúncia do Crescimento.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1.2 Entropia: Superando o Viés Mecanicista na Abordagem Econômica.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2 Livre Iniciativa, Mercados e Atividade Empresarial.....</b>	<b>29</b>
<b>2.3 Economia e Instituições.....</b>	<b>35</b>
<b>2.4 Síntese e Vinculação das Perspectivas Abordadas .....</b>	<b>40</b>
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>44</b>
<b>3.1 Caracterização e Objeto da Pesquisa .....</b>	<b>44</b>
<b>3.2 Obtenção de Informações e Dados e Método de Análise .....</b>	<b>45</b>
<b>4 (IN)VIABILIDADE DA TRANSFORMAÇÃO NA MATRIZ ENERGÉTICA.....</b>	<b>48</b>
<b>4.1 Iniciativas Brasileiras de Alteração da Matriz Energética .....</b>	<b>48</b>
<b>4.1.2 Incentivo à Produção de Álcool Combustível .....</b>	<b>49</b>
<b>4.1.3 Programas Públicos de Incentivo à Produção de Biodiesel.....</b>	<b>56</b>
<b>4.2 Mercado Elétrico Brasileiro .....</b>	<b>61</b>
<b>4.3 Situação e Ambiente Institucional da Energia Solar .....</b>	<b>68</b>
<b>4.4 Crítica às Realidades e Ambientes Expostos .....</b>	<b>77</b>
<b>4.4.1 Não Aplicabilidade dos Combustíveis Líquidos Renováveis como Solução à Problemática .....</b>	<b>77</b>
<b>4.4.2 Propiciação do Ambiente à Função Empresarial.....</b>	<b>79</b>
<b>4.4.3 Viabilidade de Investimento em Energia Solar .....</b>	<b>90</b>
<b>4.4.4 Dedução de Ambiente Propício às Alterações na Matriz Energética .....</b>	<b>96</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>102</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>107</b>
<b>ANEXO A – Orçamento de Sistema Fotovoltaico na Souza Cruz.....</b>	<b>113</b>
<b>ANEXO B – Consumo Elétrico e Custo de Distribuição e Transmissão Souza Cruz – Unidade de Santa Cruz do Sul/RS.....</b>	<b>114</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O modelo de produção se transforma continuamente, mas grandes inflexões não ocorrem no mesmo ritmo, quando ocorrem, há ruptura capaz de transformar não apenas a forma de produção, mas também as relações sociais, entre homem e máquina e homem e natureza. Uma linha pode ser estabelecida entre matriz energética, meios de comunicação e revoluções industriais. Os dois primeiros pontos são importantes, se não determinantes, na massificação de determinado modelo de produção, levando instituições, formais e informais, a se organizarem para atender às demandas da lógica econômica. A primeira e segunda Revolução Industrial deram-se de forma natural, em contexto em que empresários tinham vasto cenário econômico a explorar, com legislações trabalhistas frouxas, mercados sedentos por utilidades e insumos em abundância. Caso esse cenário de liberdades fosse posto novamente à disposição dos agentes econômicos, com legislação limitante, mas sem ação controladora e excludente do governo; eles poderiam ser capaz de responder aos novos desafios que o ambiente limitado do planeta impõe à economia: pressão para redução da exploração de recursos naturais sob pena de sofrer-se com alterações cataclísmicas no ambiente que dá vida à espécie humana.

Muito é dito acerca dos efeitos climáticos causados pelo aquecimento global, fruto de séculos de queima de combustíveis fósseis na atividade econômica, trazendo riscos à continuidade da vida no planeta. Ainda que haja muita controvérsia, não resta dúvida quanto ao cenário cataclísmico quando se toma ciência de uma lei básica da física: a entropia. A segunda lei da termodinâmica, lei da entropia, diz que o calor só flui do corpo mais frio para o mais quente e de forma definitiva, algo bastante simples à percepção humana, tão simples que tentar negá-la é contradizer a si próprio, pois enquanto seres movidos a calor, humanos têm conhecimento de como seus corpos se aquecem ou resfriam, assim como de que um pedaço de lenha não pode ser refeito depois de queimado. Materiais palpáveis, como carvão mineral, representam baixa entropia, já os produtos da sua queima, alta entropia; embora nada tenha sido perdido, apenas transformado, reconstituições, para nova queima, são impossíveis. Georgescu-Roegen (2005), físico francês, traz visão, na década de 1970, de que a humanidade utiliza, como força motriz, fontes estoques, que levam milhões de anos para se formar, ou seja, são fixas à concepção humana; ignorando a energia solar, que é fluxo constante

sobre o planeta. Independente do tamanho do estoque fóssil ele é finito, sendo que a dimensão da emergência é trazida pela teoria do Pico do Petróleo, que indica que se atingirá em breve, ou já se atingiu, um limite na sua produção; logo, haverá quantidades decrescentes à disposição, impactando no seu preço e na economia de forma global, considerando os encadeamentos desta *commodity*.

A energia que supre o modelo de produção vigente é finita e nociva, os indivíduos, em maior ou menor grau, têm consciência deste fato, porém todo o arranjo institucional atual engessa o sistema a tal ponto que qualquer alteração torna-se inviável quando projeto. Os meios de comunicação da primeira e da segunda revolução industrial são imperativos e inquestionáveis, pois jornais, revistas, rádios e TVs afirmam, sem deixar ao recebedor margem à discussão; em contraponto à internet, que permite troca de percepções, levando à desconstrução de muitas instituições informais de forma descentralizada. Considerando o alcance do rádio e TV, desde a PRI (Primeira Revolução Industrial), foi possível vender qualquer ideia e, ainda que não tenha sido feito com objetivos tão futuristas, mantêm instituições na atualidade semelhantes ao início do século XX. Apenas agente dotado de poder supremo seria capaz de servir, e ser servido, para manter o *status quo*, ou seja, estas instituições. Este agente é o governo, que na ânsia de captar riquezas que lhe traga vantagens na luta para permanecer no poder, dá facilidades a alguns agentes, para que estes auferam lucros superiores à média, visto que são frutos da manipulação da realidade; porém, após algumas jogadas, o governo passa a controlar a atividade mesmo desses agentes a quem servia, pois como legislador, ele é capaz de inverter o cenário pondo abaixo qualquer organização privada.

Considerando a evolução histórica das relações sociais, agentes economicamente livres seriam capazes e desejariam mudar o mundo, desde que essa mudança lhes trouxesse benefícios factíveis imediatamente ou em futuro próximo. Não há razão para supor que indivíduos vão poupar recursos hoje, abrindo mão de sua satisfação, para servir humanos que virão daqui a 500 anos, pois não são capazes de valorar algo que não podem raciocinar. Da mesma forma, o governo não dá valor a futuro em que não terá a gestão da máquina pública. Assim, mudar o mundo, depende diretamente de permitir aos agentes auferir lucro financeiro na aplicação da mudança, o suficiente para superar qualquer oportunidade legal de investimento que haja à sua disposição.

Qualquer mudança que represente ruptura na organização geral econômica necessita de alteração institucional, a nível formal e informal, para que possa de fato ocorrer, não sendo mais do mesmo, fazendo menção às intermináveis estratégias de subsídios e incentivos fiscais “morais” que a máquina pública concede a determinadas parcelas da sociedade com justificativas variáveis, que vão desde manutenção do emprego até responsabilidade ambiental. Quando uma diretiva é excludente, ela coíbe a iniciativa individual que, como observado historicamente, é o que leva às transformações significativas. Uma lei sem exceções, ou seja, válida de forma global, limita a ação de todos os indivíduos e, conseqüentemente, os libera para qualquer ação que não a supere. Pode-se supor que uma lei que retire um monopólio concedido por um governo, dando aos agentes meios de competir livremente na oferta de bem ou serviço, torna este mais barato e abundante, trazendo oportunidades de renda a quem assuma o risco empresarial do investimento. A relação, entre ambiente institucional formal e ação individual, pode ser estabelecida traçando-se paralelos entre a abordagem da Nova Economia Institucional, voltada às instituições que ditam as “regras do jogo” econômico, e a perspectiva de processo de mercado, que dá importância determinante à função empresarial como catalisador dos processos que movem o sistema econômico, desde que se tome a realidade como um sistema complexo, em que informação transmita-se diretamente do macro ao micro e emerja do micro ao macro.

A geração, transmissão e distribuição de energia elétrica é mercado oligopolizado, altamente controlado pelo governo (em grande parte dos países), sendo que um agente tem limitações à produção, pois os custos de entrada neste mercado são altamente excludentes. Se, por exemplo, a legislação fosse propícia para que aqueles que hoje são apenas consumidores passassem a ofertar eletricidade na rede, por valor de mercado, comprando o serviço de transmissão, pressupondo a existência de contadores de “duas vias”; haveria maior oferta energética, reduzindo seu preço e, conseqüentemente, incentivando a inovação de bens e serviços que se utilizariam dessa energia adicional. No Brasil, há sistema de compensação de energia elétrica (não de comercialização), em que agentes podem ofertar força na rede e compensar com seu consumo, ao limite da tarifa mínima de contratação (ANEEL, 2012), mas a complexidade do processo e atratividade financeira limitada não permitem sua massificação. Rifkin (2012) chama de “Terceira Revolução Industrial” a passagem da força motriz fóssil para a limpa, indicando que

é a eletricidade, gerada em micro usinas “verdes”, a ponte que leva à quebra do *design* dominante movido a combustíveis fósseis líquidos, representando o que o autor chama de revolução pós-carbono.

Utilizando as leis, em um governo que se utilize apenas delas para indicar aos agentes o que não fazer e, ao mesmo tempo, por quais caminhos fazer algo, é possível realizar um exercício racional, sob bases válidas *a priori*, de como o processo de mudança se operaria a nível microeconômico. As empresas, em especial as industriais, teriam papel de destaque no processo de mudança, considerando a aplicabilidade de tecnologias de geração de eletricidade em pequena escala, reduzindo custos ou gerando receitas além da sua atividade principal. Sendo este o caminho, tem-se o problema de como começá-lo, em mundo amplamente dominado por governos e corporações que se nutrem mutuamente, ou seja, o desafio é entender quais instituições devem ser superadas. Tal tarefa pode ser introduzida a partir da análise do cenário brasileiro, em que aspectos naturais permitem a ampla aplicação de geração de energia limpa, mas o ambiente institucional formal impede tacitamente a ação espontânea dos agentes nesta direção.

## **1.1 Problema de Pesquisa**

Como instituições formais do sistema econômico poderiam promover incentivos financeiros à ação espontânea dos agentes voltada à transformação da atual matriz energética?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Investigar formas alternativas de estruturação das instituições econômicas formais que poderiam levar agentes econômicos ao protagonismo na alteração da matriz energética.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Compreender a necessidade de mudança da matriz energética, baseando-se em limitações materiais do planeta, leis físicas e econômicas;
- b) Analisar as barreiras que o ambiente institucional atual constrói à inflexão no modelo de produção e quais potencialidades possui para incentivar a mudança;
- c) Analisar a experiência brasileira de tentativas de alteração da matriz energética;
- d) Propor alterações no ambiente institucional brasileiro que poderiam incentivar os agentes à ação espontânea, no sentido da transformação da matriz energética.

### 1.3 Justificativa

A abordagem ambiental passou de simples objeto de discussão à motivadora de tomada de decisão econômica, seja na esfera pública ou privada, mas principalmente em negociações entre estados nacionais que envolvam economia, meio-ambiente e sociedade. A comunidade científica mundial alerta há várias décadas que o planeta não é suficiente para sustentar o modelo de produção vigente e, estando a espécie humana reclusa a ele, a conservação deste ambiente é pré-requisito à perenidade desta. Questões econômicas, como a necessidade de crescimento constante das nações, seja para manter o padrão de vida da população ou desenvolvê-lo, vêm bloqueando ações efetivas que levem o sistema a uma lógica ambientalmente sustentável. A ciência econômica, muitas vezes apontada como motivadora dos problemas, tem ferramental rico a ser explorado na busca de soluções a tal questão. Séculos de desenvolvimento do pensamento econômico resultaram em ampla expertise acerca do que move agentes econômicos à ação, bem como quais cenários os levariam a isto sem que haja, necessariamente, dispêndio público sob forma de incentivos diretos.

A Nova Economia Institucional aborda a realidade econômica como permeada por instituições formais e informais, que conduzem as ações dos agentes econômicos, seja de maneira espontânea ou não, lhes dando as regras do jogo. Considerando o modelo de produção como um sistema complexo, é possível

investigar como as diretivas das instituições formais agem sobre o indivíduo, bem como quais agentes econômicos são capazes de alterar sua conduta, a partir das modificações no ambiente formal, emergindo influência ao restante do sistema em processo que resulte na alteração de instituições informais. Esta lógica pode levar à possibilidade de dedução de qual ambiente institucional poderia ser construído para atingir-se sistema econômico capaz garantir a perenidade da espécie humana, através da ação espontânea desta.

A bibliografia disponível, geralmente, aborda o problema ambiental indicando o governo como grande agente promotor da mudança, ou defende o mercado, caso haja precificação da poluição, como melhor saída à crise que se anuncia. Neste trabalho, propõe-se ao governo papel de legislador, sendo que este deve dotar os agentes dos mesmos limites de ação, os liberando para obter lucros financeiros que justifiquem investimentos que levem o sistema à superação da dependência fóssil. Necessário se faz entender os motivos pelos quais o protagonismo não pode estar com o governo, dissertando argumentos em perspectiva teórica e histórica. A economia é feita por muitos agentes, que embora possam ser classificados em setores como governo, empresas, famílias e meio externo; supera em complexidade qualquer tentativa de generalização. Teorias prontas não oferecem respostas abrangentes capazes de lidar com o mundo real, em que o termo de erro mostra-se um potencial destruidor de qualquer equilíbrio objetivado. É necessário empreender multidisciplinaridade na solução de problema complexo com abordagens, por vezes dissonantes, em diversos campos da ciência.

Agentes econômicos são levados à ação quando as recompensas são maiores do que as de não agir e escolhem qual ação efetuar quando identificam, entre as oportunidades disponíveis, qual lhes trará maior retorno. Nesta lógica, quanto maior for o lucro financeiro esperado em um investimento, maior será o empenho com que os agentes o empreenderão. Empresas industriais têm grande necessidade de energia nas suas atividades produtivas e, desde o advento da Segunda Revolução Industrial, mas principalmente nas últimas décadas, esta força é elétrica; já operações logísticas são basicamente movidas a combustíveis fósseis. É possível construir, a partir de ferramental teórico das ciências econômicas, cenário em que as empresas liderem o processo de mudança para lógica em que a oferta de energia elétrica, gerada de forma limpa, torne-se abundante e barata, levando à troca da força motriz fóssil para a elétrica de geração limpa.

A proposta multidisciplinar deste trabalho, pautando leis econômicas, físicas, conceitos ambientais e de viabilidade econômico-financeira, tem importantes implicações teóricas, pois ao vincular visões desconexas, a partir da consideração de que todas constroem-se no mesmo ambiente institucional, é possível obter melhor compreensão das barreiras às modificações na matriz energética, além de oferecer novas ferramentas à sua superação. Quanto à teoria econômica, o trabalho de buscar a simulação de um cenário propício à ação espontânea dos agentes econômicos reforça a importância da abordagem institucional da economia, considerando seu papel chave na solução do problema proposto. Instituições podem gerar incertezas aos agentes quando instáveis, sendo que isto implica relutância no investimento com longo prazo de retorno, constituindo um fator imponderável em equações de viabilidade econômico-financeira. Além disso, a soma da lei da entropia à problemática a ser vencida aumenta a complexidade dos objetivos em discussão, pois é conceito da física ignorado pelas teorias centrais da Ciência Econômica, pondo à prova as ferramentas introduzidas como possíveis soluções que derivam da visão econômica.

Desta forma, este trabalho busca abordar a questão ambiental com visão abrangente, dimensionando o tamanho do problema que a humanidade tem frente a si em abordagem descolada dos vieses antropocêntrico e ecocêntrico. A contribuição central à sociedade é o desenvolvimento de ferramentas financeiramente viáveis à superação do dilema ambiental, trazendo novas oportunidades de negócio para os agentes, seja abertura de novos mercados ou maior exploração dos já existentes, permitindo a reprodução de renda para indivíduos, sem deixar de atender à necessidade de preservação ambiental do planeta. A sociedade necessita ideias com potencial de mudar a conduta do homem frente à natureza, mas que, ao mesmo tempo, não signifiquem redução, imediata ou não, no padrão de vida estabelecido. As mudanças institucionais em pauta têm como objeto a viabilização de novos padrões tecnológicos, a partir de transformação da matriz energética, levando o sistema ao desenvolvimento sustentável, superando a busca de crescimento como fim último.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Modelo de produção, Matriz Energética e Urgência da Mudança

O modelo de produção atual é herança da SRI (Segunda Revolução Industrial), ou seja, vive-se sobre influência de instituições que têm origem na segunda metade do século XIX. Embora haja razões para supor que as últimas décadas foram revolucionárias, com todos os artifícios tecnológicos que atualmente tem-se à disposição, dinamizando a troca de informações e as relações interpessoais; a vida humana ainda é baseada na queima de materiais fósseis, pois praticamente todo homem que se move, por meios não endossomáticos, o faz por máquinas movidas a eles, em especial combustíveis líquidos, como óleo diesel, gasolina e querosene. Porém chega-se a um limiar em que alterar a lógica produtiva é necessário, sob pena de que o modelo de desenvolvimento econômico, baseado em contínua exploração de recursos fósseis, perca fôlego, levando às economias nacionais a períodos sucessivos de recessão de produto, considerando o impacto que o custo dos combustíveis tem sob as contas nacionais e inflação de outros itens, impactando também no custo da energia elétrica, quando gerada por usinas movidas a carvão ou óleo. Para entendimento de como o sistema atual chegou a este limite, faz-se necessária análise histórica da evolução da utilização da energia pelo homem.

A utilização do fogo remonta a mais de 500 mil anos atrás, na pré-história, em uma era de glaciação do globo, de importância antropológica elevada, pois mostra como homínídeos cruzaram estreitos congelados chegando às Américas. Estes registros marcam o início do padrão energético baseado na lenha, que durou centenas de milhares de anos, tendo implicações definitivas sobre a evolução da espécie humana. A forma como se dá a utilização da energia atualmente ainda conserva um princípio básico da pré-história, pois a energia contida em materiais é utilizada de forma indireta. A madeira não é útil, mas sim o calor desprendido na sua queima, como nos combustíveis fósseis (DEBEIR; DELÉAGE; HÉMERY, 1993).

As primeiras civilizações da história escrita não alteraram significativamente o padrão energético da pré-história, mas trouxeram importantes avanços tecnológicos. A Mesopotâmia traz as primeiras organizações sociais saídas do período neolítico, a partir do ano 3000 a.C., sendo chamadas de civilizações

hidráulicas, por sua pujança ser baseada na construção de diques, barragens e aquedutos (REZENDE FILHO, 2007). Estruturas que se utilizam da “força da água” para produção são predominantes também no período anterior à PRI (Primeira Revolução Industrial), ainda na Idade Média, em que a produção de mercadorias estava vinculada à queda da água. O obstáculo a ser vencido na era medieval era o elevado custo dos transportes, pois sempre que não havia mares ou rios próximos ao local, o transporte de cargas por força animal implicava na composição dos custos finais das mercadorias basicamente pelo esforço logístico (DEBEIR; DELÉAGE; HÉMERY, 1993). A PRI representa alteração no modelo de produção, a partir da troca da matriz energética, possibilitando solução a muitas questões não respondidas pelas épocas anteriores.

Muitas são as versões quanto aos acontecimentos que culminaram na PRI, bem como qual o significado desta para a economia e sociedade e, embora muitos historiadores deem mais foco à tecnologia produtiva, o caráter revolucionário foi a relativa dissociação do homem das forças na natureza, sejam naturais ou animais, haja vista a utilização de máquinas movidas a carvão, permitindo a migração da produção para perto dos centros de consumo (REZENDE FILHO, 2007). O carvão mineral já era conhecido na Inglaterra antes da PRI, mas em razão do forte odor desprendido na sua queima, a preferência era a utilização da lenha ou do carvão vegetal para obtenção de calor. Porém, ainda no século XVI, o padrão de utilização de madeira teve que ser modificado, pois a ilha britânica não possuía grandes áreas de florestas e elas haviam sido exploradas por lenhadores ou postas abaixo para a expansão de campos de pastagens e da agricultura, resultando na escassez de madeira. O carvão possuía grandes atrativos que facilitaram sua aplicação: era barato para aquisição na boca da mina e seu transporte era facilitado em navios a vela que circundavam a ilha. A lenha teve seu preço elevado de forma constante durante o século XVI, levando ao colapso do padrão energético medieval. Este cenário impele os agentes à mudança, pois a necessidade de obter calor, para uso doméstico ou produtivo, não deixa de existir, levando-os à adoção do carvão mineral para suas necessidades. Tal alteração mostra-se com elevado potencial a ser explorado, considerando a quantidade de calor desprendido na queima do fóssil em comparação à madeira (DEBEIR; DELÉAGE; HÉMERY, 1993).

Data de 1709 um ponto de inflexão no modelo de produção inglês, podendo ser apontado como principal precursor da PRI, que é a utilização de carvão mineral na metalurgia inglesa, a partir da fundição a coque (derivado do carvão mineral). Antes disso, embora olarias, vidraçarias e outras manufaturas já utilizassem carvão, a metalurgia ainda queimava lenha por questões técnicas, que foram resolvidas com o beneficiamento do carvão *in natura* (FRANCO JÚNIOR, 1986). A simples troca da lenha pelo carvão decuplicou o beneficiamento de ferro na Inglaterra. Entende-se que os extensos centros de produção ingleses tinham como bases uma indústria metalúrgica ampla e em eficiência crescente e uma fonte energética em oferta abundante e logística eficiente. Máquinas a vapor, geralmente indicadas como premissa básica da PRI, já eram utilizadas em minas de carvão para drenar água do subsolo desde o século XVII, mas esses modelos eram pouco eficientes, pois perdiam muita energia para o ambiente. James Watt, engenheiro escocês, desenvolve, entre 1765 e 1784, melhoras significativas na máquina já existente, fazendo dela um sistema termodinâmico fechado, transformando-a no motor universal da indústria e transportes (DEBEIR, DELÉAGE e HÉMERY, 1993).

O forte desempenho econômico inglês no século XIX é associável mais à sua condição de principal produtor mundial de carvão mineral do que à primazia da produção de manufaturados. Considerando que a navegação mundial passa a se valer de máquinas a vapor, em especial na segunda metade do século XIX, a Inglaterra se torna parceiro sem o qual as demais nações europeias não teriam condições de transacionar com o além mar. Avançando alguns passos na direção da SRI, as estradas de ferro, com trens movidos a carvão, foram determinantes para difundir os efeitos da PRI às demais nações da Europa, facilitando rotas comerciais e transporte de pessoas, além do suprimento de carvão a países que não tinham reservas ou não haviam desenvolvido redes de exploração (DEBEIR; DELÉAGE; HÉMERY, 1993). Diverso da PRI, a SRI não foi restrita à Inglaterra, abrangendo outras nações europeias, além dos EUA e Japão, dinamizando o nível de concorrência da economia mundial ao final do século XIX. A matriz energética passa a ser baseada em petróleo, prioritariamente, e em energia elétrica, a partir da invenção da lâmpada e dos cabos elétricos. A invenção do motor a combustão interna e sua adaptação, para ser alimentado por óleo cru, em 1897, dão base às alterações que iniciaram a era do automóvel (REZENDE FILHO, 2007).

No início do século XX a extração e refino de petróleo se mostram atividades extremamente lucrativas, pois com a demanda aquecida o aumento de preços foi natural, sendo que o subproduto gasolina é protagonista desse arranque de preços, quando passa a mover veículos leves. As companhias petrolíferas globais passaram a concorrer fortemente pelo controle de toda cadeia, em especial nas transações com o Oriente Médio, com patrocínio dos Estados nacionais. No geral, governos escolhiam uma grande companhia para explorar áreas específicas e garantiam a estabilidade do acesso à fonte. O mercado de petróleo, já em sua gênese, não foi livre da influência do Estado ou próximo de algum modelo concorrencial. (DEBEIR; DELÉAGE; HÉMERY, 1993). Desde o advento da SRI, a infraestrutura civil estruturou bases para permitir a ascensão do modal movido por combustíveis fósseis líquidos, com redes de rodovias se espalhando pelos territórios; principalmente após as duas grandes guerras. A direção do Estado foi capaz de causar sobre as pessoas a vinculação do automóvel à posição de destaque na sociedade, fazendo deste o objetivo romântico de jovens durante várias décadas. O setor automotivo se desenvolveu ao longo do tempo para atender aos desejos dos consumidores, com veículos que pudessem viabilizar a sensação de poder a quem os utiliza, ou seja, maiores e mais potentes (AYRES; AYRES, 2012).

A evolução histórica do modelo de produção é indissociável da matriz energética e da acessibilidade de força a preços razoáveis ao setor produtivo; assim, qualquer país que perca suas reservas energéticas ou a capacidade de suprir a produção a baixos custos, arrisca-se à deterioração completa da sua sociedade (AYRES; AYRES, 2007). O atual modelo de produção é insustentável já no curto prazo, pondo em risco a sobrevivência da espécie humana. A temperatura e estrutura química do planeta foram alteradas a tal ponto que pode ter sido iniciado um processo irreversível de extinção de espécies vegetais e animais, levando o planeta a temperaturas iguais a períodos que ocorreram há 50 milhões de anos, com elevação de 5 graus Celsius de temperatura média até o final do século atual ou início do próximo, no pior cenário previsto pelo IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) em 2007 (RIFKIN, 2012). Sendo a humanidade posterior a este período, anatomicamente moderna há apenas 200 mil anos (VERSIGNASSI, 2004), é razoável supor que as condições climáticas que podem vir não são ideais para atender às necessidades humanas. O debate científico, quanto aos impactos das mudanças climáticas, é repleto de controvérsia e interesses velados. Análises

econômicas, baseadas em conceitos simples, como, por exemplo, a lei da escassez e da entropia (segunda lei da termodinâmica), têm muito a contribuir à discussão, trazendo não apenas motivos, mas novos argumentos quanto à urgência da mudança.

Assunto pouco veiculado, geralmente ignorado ou desconhecido pela comunidade econômica científica, a produção de petróleo não apenas é finita, como é declinante no médio prazo. Há organizações internacionais versando sobre os limites e declínio da produção de petróleo desde a década de 1950, em que Marion Hubbert, geólogo norte-americano, publicou estudo prevendo o pico de produção da *commodity* para os 48 estados produtores dos EUA para meados dos anos 1970 (TVERBERG, 2007). Embora desacreditado na época da publicação, a previsão provou-se acertada e sua teoria foi testada para outras nações e para a produção mundial, sendo que há várias previsões para quando vai ocorrer ou quando ocorreu o pico. Como não é do interesse das instituições dominantes que notícias pessimistas quanto a sustentabilidade do *status quo* tornem-se de interesse comum, os estudos relacionados ao pico do petróleo ficam em segundo plano. Buscar seus conceitos, bem como seus argumentos é pertinente à análise deste trabalho, principalmente por sua relação direta com o fim do mito do crescimento infinito baseado nas instituições da SRI.

### **2.1.1 Pico de Petróleo e Renúncia do Crescimento**

Pico de petróleo é o termo usado para descrever o processo válido para todas as reservas do combustível fóssil, que após atingirem o pico de produção, começam a declinar até a extinção, sendo este pico o momento em que 50% da disponibilidade da reserva foi extraída (TVERBERG, 2007). A teoria de Hubbert, publicada em 1956, criou o conceito, que inclusive considera a taxa de descoberta de novas reservas de petróleo, que tem efeito de alongar a situação de pico; provando, posteriormente, sua validade. Embora não haja indicativos conclusivos que mostrem se a humanidade está ou não sobre o pico de petróleo, há os que indicam que atingimos o pico de petróleo global per capita (RIFKIN, 2012), momento em que a taxa de crescimento populacional supera a taxa de crescimento da produção de petróleo, significando que se a produção de petróleo for dividida pelo número de habitantes, haverá cada vez menos óleo para cada novo humano. O

petróleo não vai acabar, a teoria não é tão simplista, ela indica que ele se torna progressivamente mais difícil de obter, pois se quando um poço é perfurado o fósforo jorra naturalmente, em razão da alta pressão, com o passar do tempo é necessário injetar gases, ou mesmo água, para que ele continue a ser extraído, aumentando assim o custo de obtenção (TVERBERG, 2007).

O assunto não é recorrente, em geral totalmente ignorado. Alguns motivos podem ser introduzidos ao entendimento dessa ausência: petróleo é sinônimo de poder, constrangimento com a queda de produção nos EUA na década de 1970, fé nas reservas da OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo), fé na tecnologia e fé da teoria econômica. Nações que têm elevadas reservas do combustível fósforo tendem a esconder fraquezas, pois justificam seu poder basicamente pelo estoque em reserva. O início do declínio da produção dos EUA nos anos 1970 trouxe constrangimento à ideia de desenvolvimento enraizada nos norte-americanos e, por efeito demonstração, no resto do mundo, desafiando do *status quo*. Crer que a OPEP pode suprir qualquer demanda adicional é crer no infinito. Além disso, as cotas de produção neste grupo são definidas a partir da reserva de cada um, sem auditoria externa. Não é absurdo supor que sejam superestimadas, como no caso do governo da Arábia Saudita, que, quando comprou a Cia Saudita de Petróleo, em 1980, dobrou a quantidade em reserva sem ter descoberto nenhuma nova jazida (TVERBERG, 2007). A fé na tecnologia se relaciona com a fé na teoria econômica vigente, quando esta indica que preços proibitivos incentivarão os agentes a prover o mercado de bens substitutos, o que funcionaria, caso os mercados energéticos não fossem amarrados pelos governos, garantindo o oligopólio a alguns agentes, ou, em alguns casos, o monopólio.

Segundo Klare (2010) em 2004 o governo dos EUA previu que a demanda mundial por petróleo aumentaria na ordem de 57% até 2025, em relação ao ano de 2001, sendo a Arábia Saudita o grande supridor da demanda adicional, com um aumento esperado de 120% na sua produção. A fé nos sauditas denota da crença na capacidade de expansão imediata na produção deste país, motivo pelo qual os EUA veem estes como chave para segurança energética no longo prazo. Porém, em 2005, a publicação do livro *Twilight in the Desert*, escrito pelo banqueiro Matthew Simmons, presidente do *Simmons & Company International*, que por décadas financiou bilhões de dólares para o setor petrolífero global; declarava que os principais campos de petróleo da Arábia Saudita estavam se esgotando, sendo que

a produção total do país se aproximava do seu pico. Os argumentos de Simmons, em síntese, são de que a maior parte do petróleo saudita é extraída de poucas jazidas de tamanho elevado, com extração iniciada há mais de 50 anos, sendo que a produção já necessita de grande esforço técnico. Ainda que sauditas insistam em sua capacidade de manter a produção, cada vez menos especialistas creem nisto.

Algumas instituições internacionais têm previsões otimistas quanto à continuidade da produção de petróleo, como a CERA (*Cambridge Energy Research Associates*) e a IEA (*International Energy Agency*), que consideram que a OPEP poderá suprir a demanda, mesmo que adicional, sem maiores problemas; porém há pontos a considerar quanto a este otimismo. A CERA faz projeções e cálculos para seus clientes, em geral empresas do setor energético e, logicamente, precisa dar boas novas ao mercado; a IEA faz projeções de produção baseadas na demanda e na oferta histórica, não considerando limitantes físicos. As metodologias destas entidades não são bem aceitas por pesquisadores independentes, sendo que onde é possível testar seus métodos, eles se provam insuficientes, como na produção de petróleo para o Reino Unido de 2006, em que a CERA projetou para o ano cerca de 700 mil barris por dia a mais do que o realizado, ou seja, uma distorção aproximada de 252 milhões de unidades no ano (TVERBERG, 2007). Isto pode indicar que estas agências estão à serviço das instituições vigentes, que precisam manter a ideia de consumo de petróleo e derivados válida, impedindo que haja inflexão espontânea do *design* dominante de setores chave, como os transportes.

Para ter em reserva certa quantidade de energia, é necessário dispendir energia, se o dispêndio for maior do que o estoque final de energia disponível a mesma não é acessível. Assim, é possível que as reservas reais de petróleo sejam muito superiores ao que é especulado, mas se a recuperação de um barril, em uma dessas reservas, necessitar de dispêndio de energia superior à contida em um barril de petróleo, então essa reserva não é acessível. Não importa qual o tamanho da reserva mundial de combustíveis fósseis, mas sim se é ou não acessível (GEORGESCU-ROEGEN, 2005). Lógica semelhante à acessibilidade de reservas fósseis pode ser aplicada sobre as alternativas a este, com o conceito de energia retornada sobre energia investida, que indica quanto de energia precisa ser investida para se obter energia nova. No início da exploração de petróleo, a taxa média era de 100 (100 barris extraídos ao custo de um barril investido), em razão de poços de elevada pressão, que ejetavam o fóssil naturalmente; atualmente a taxa média é de

15. Algumas alternativas, como o óleo de xisto e etanol de milho, trazem taxa de apenas um dígito, algo que se espera também da exploração em poços profundos que vêm sendo descobertos. Reduzir esta taxa de retorno, na necessidade de substituição do petróleo convencional por outros, ou a natural queda de acessibilidade das reservas de petróleo exploradas, significa que restarão menos recursos para investimento em outras frentes (TVERBERG, 2007).

Embora o pico de petróleo seja geralmente previsto para o futuro, no médio ou longo prazo, para alguns analistas ele já ocorreu e a economia mundial sofre com suas consequências. A crise de 2008, embora tenha sido vendida como financeira, pode ser associada à escalada do preço mundial do petróleo. Em julho de 2008 o preço do barril foi de US\$ 150,00; mais caro do que os preços da crise da década de 1970, motivada pelo corte de produção dos países membros da OPEP. Entretanto, a crise do sistema financeiro global, com quebra de gigantes do crédito e auxílio da máquina pública às empresas privadas, fez esquecer a alta do preço da *commodity* (HEINBERG, 2010). Fazendo relação às crises de petróleo da década de 1970, têm-se situações diversas do pico de petróleo, pois estas foram politicamente inspiradas e não por limitações de oferta, diferente do que está por vir, que não poderá ser passageira (CAMPBELL, 2010), trazendo oscilações de variações do produto mundial, hora crescendo, hora encolhendo, de forma que qualquer tendência local fora disto se daria por soma zero.

Grande parte dos economistas vê a crise de 2008 como reflexo da deterioração do sistema financeiro global, sua desregulação e criatividade em criar produtos vendáveis ainda que incompreensíveis. Esta perspectiva concentra-se nos sintomas, ignorando a causa. O principal sintoma sentido foi perda de empregos e a queda no valor de imóveis, algo distante do pico do petróleo. Porém, desde a virada do milênio a economia mundial caminha de uma bolha para outra: bolha da internet, bolha das economias asiáticas emergentes, bolha imobiliária; sendo a alta do petróleo o estopim, mais do que suficiente, para eclodir a última bolha, que se mostrou contagiosa, pois posteriormente causa a crise financeira. A crise financeira de 2008 lembra a de 1929, pois é fruto da fé que o preço de determinado ativo, seja uma ação ou uma residência, pode continuar subindo indefinidamente (HEINBERG, 2010). Quando não há fundamentos reais para ganho de valor de um ativo, como demanda elevada, as altas ocorrem unicamente por especulação. Os esforços de



recuperação, empreendidos pelos Estados nacionais são mais do mesmo, com fé de que a economia possa crescer infinitamente, mesmo que atue em um planeta finito.

O crescimento econômico é baseado em mais produção industrial, mais comércio e mais transportes, sendo que tudo isto exige mais energia. Em cenário em que a oferta de energia não possa ser expandida, tornando-se mais cara, o *status quo*, que pressupõe e necessita de crescimento contínuo, se quebra. O petróleo é a energia do sistema atual, pois além da aplicação quase irrestrita nos transportes, ele é base para a indústria química e de materiais diversos. O cenário de impossibilidade de expansão da oferta petrolífera já foi previsto em 1998, indicando que em algum momento próximo ao ano de 2010 se atingiria o pico de petróleo mundial, causando alta e instabilidade nos preços, com efeitos generalizados que levariam à contração econômica. Isto levaria à retração na demanda pelo combustível fóssil, que reduziria seu preço novamente, mas tão logo a economia se recuperasse, o preço voltaria a subir quebrando-a novamente. Esse ciclo continuaria e cada fase de recuperação seria mais fraca e curta, com a crise subsequente mais forte, até a ruína completa do sistema. A instabilidade de preços do petróleo frustraria projetos de substituição da *commodity*, pois em anos de baixa eles seriam viáveis, enquanto em anos de alta não o seriam (HEINBERG, 2010). Este processo, descrito ao final do milênio passado, é bastante palpável a partir da crise de 2008, considerando as crises europeias que vieram na sequência. Formar um novo paradigma econômico, que considere a limitação física dos recursos materiais do planeta, é o desafio do novo milênio. A ciência, na combinação de várias áreas do pensamento, como as lições de termodinâmica, possui ferramental amplo a ser explorado.

### **2.1.2 Entropia: Superando o Viés Mecanicista na Abordagem Econômica**

A termodinâmica foi definida inicialmente pelo engenheiro francês Nicolas Carnot (1796 – 1832), quando este estudava a eficiência das máquinas a vapor em 1824. Carnot separou a energia em duas categorias: disponível ou livre, que poderia ser transformada em trabalho; e não-disponível, ou ligada, que não se transforma em trabalho. A separação dos tipos de energia está relacionada ao conceito de entropia que, em linhas gerais, indica a quantidade de energia não-disponível em um sistema termodinâmico em determinado instante. A lei da entropia, segunda lei da

termodinâmica, tem na sua definição mais simples a afirmação de que o calor só flui do corpo mais quente para o mais frio, representando assim o crescimento constante da entropia, ou seja, a transformação de energia disponível em energia não-disponível, até o limite em que não há mais energia disponível. Aplicado à análise energética, só é possível produzir trabalho se a energia estiver distribuída de forma desuniforme, para que haja fluxo calórico a se converter em trabalho (GEORGESCU-ROEGEN, 2005). A entropia mostra a maneira como o calor é transformado em ação corrente; entretanto, como o calor perde esse potencial continuamente, é a forma mais degradada e ineficiente de energia, considerando as constantes perdas para o meio externo (CECHIN, 2008).

A entropia é lei tão singular que é a única que reconhece que todo o universo material está sujeito à alterações qualitativas irreversíveis, ou seja, evolução constante. Atualmente, não se pode negar que processos vitais estão sujeitos à lei da entropia, e não às da mecânica. Se o pensamento corrente toma o processo econômico como *input* de recursos valiosos (baixa entropia) e *output* de resíduos finais sem valor (alta entropia), reduzindo assim o processo à transformação de materiais valiosos com saldo residual, a visão de Georgescu-Roegen (2005) diz que os materiais de baixa entropia são transformados em um fluxo imaterial de prazer humano. A vida em si, tomando a humana como exemplo, não pode superar a entropia, embora o processo de viver seja uma constante luta contra ela, em que se busca absorver baixa e eliminar alta entropia. Esta luta, não é uma violação à lei, pois o que importa é que a entropia total do sistema cresça continuamente e é exatamente o que se faz consumindo energia disponível e transformando-a em não disponível. O simples ascender de uma lâmpada é a transformação de energia elétrica em utilidade, luz, e em energia não disponível, pois parte da energia se dissipa no ambiente sob a forma de calor. A entropia tem valor econômico desde sua concepção, pois foi deduzida de estudos sobre a máquina a vapor, em que se distinguiu que parte da energia se dissipava no ambiente e não gerava trabalho, sendo a que gerava trabalho útil de baixa entropia. Baixa entropia é premissa para que algo seja útil, sendo o valor econômico representado pela disponibilidade decrescente e utilização única (CECHIN, 2008).

A entropia é o cerne da escassez econômica, pois não sendo esta a energia de um pedaço de carvão, desprendida na forma de calor para gerar trabalho, poderia ser revertida com a transformação desse trabalho em calor. O conceito

econômico “não existe almoço grátis”, que traz a lógica de que o preço de qualquer coisa deve ser igual ou maior a seu custo, não pode ser aplicado à entropia, pois cada ação, humana ou natural, implica em um déficit entrópico global que não pode ser quantificado (GEORGESCU-ROEGEN, 2005). O processo produtivo é defendido pela economia como sendo criador de produto a partir de dada combinação de fatores, como capital, trabalho e insumos; condicionados pela tecnologia à disposição. Entende-se que tamanha simplificação denota da necessidade de fechar a visão ao máximo, para que a análise possa evoluir de forma perceptível. O que se chama de “produção” deveria chamar-se “transformação”, que melhor caracteriza a ação econômica sobre elementos naturais. Alguns fatores entram e saem do processo sem alteração, como capital físico e força de trabalho, sendo estes os agentes de transformação, já outros são alterados por eles e podem ser vistos como fluxos. Agentes transformam fluxos materiais e energéticos em produtos materiais e resíduos. Os produtos do processo são estoques materiais espalhados em determinado espaço de tempo, os capitais produtivos, como máquinas, são estoques de serviços, mantidos em funcionamento por um fluxo material para manutenção. O processo econômico transforma recursos naturais em produtos, serviços e saldo residual, sendo aberto e unidirecional, não fechado e circular, como fazem entender os princípios introdutórios de economia (CECHIN, 2008).

Nas últimas décadas a análise econômica está focada na explicação e remediação de crises, saltando de uma à outra e, geralmente, buscando explicá-las a partir das mesmas teorias econômicas, pautado pela lógica mecanicista. Ainda que não haja relação direta entre os problemas de cada crise, a análise se apega à visões estreitas, desenvolvidas há séculos. Os formuladores das teorias econômicas tomadas por base estavam fascinados com os avanços do pensamento mecanicista na física, como a descoberta do planeta Netuno, que se deu com o desdobramento de cálculos matemáticos, sendo que o corpo celeste só foi observado décadas após o anúncio. Além disso, tem-se o efeito demonstração sobre a construção do pensamento econômico, pois um teórico toma por base os conceitos de seus mestres, acrescentando a estes novas ideias ou alterando parcialmente suas diretrizes. Assim a Ciência Econômica tem versado entre capital e trabalho, ora em combinação, ora em antítese, mas sempre tomando a realidade como regida por leis determinísticas. O viés mecanicista implica na conservação da dinâmica em lógica atemporal, pois tudo que foi feito pode ser refeito, então, o tempo não existiria no

campo econômico. Dessa forma, tem-se, no mundo vítreo da análise econômica usual, a possibilidade da completa reversão (GEORGERSCU-ROEGEN, 2005).

O paradoxo do tempo, de que este existe na natureza, negando a lógica de reversibilidade da mecânica, vem ao encontro de grandes pensadores da história humana, como Darwin, que partindo de populações, demonstrou suas origens e como se deu sua evolução sob pressão da seleção natural, mostrando que a natureza evolui, modificando-se qualitativamente. Assim, não pode ser explicada por leis que admitam o tempo como variável passível de assumir valores negativos. Por outro lado, Einstein defendia que o tempo é uma ilusão, mas este estava imbuído na busca de leis gerais que regessem a realidade. O esforço científico do homem para codificar a natureza, deduzindo leis que demonstrem como ela funciona, tem viés antropocêntrico, tal como observado no período do Iluminismo, em que os pensadores de diversas áreas buscavam tirar poder da igreja que o sustentava pela onipotência divina. É necessário admitir que o tempo seja real, incorporando este em valores sempre positivos às leis naturais deduzidas pela física, mesmo que isto signifique anulação ou adaptação da maioria das equações representativas dessas leis (PRIGOGINE, 1996). A irreversibilidade do tempo e a evolução qualitativa requerem visão holística da realidade, pois generalizações são sempre possíveis, mas quanto mais complexo o meio sob o qual são construídas, maior é o erro em que incorrem.

O grande dilema da Ciência Econômica é que sua fusão com a ecologia é impraticável, pois esta olha para um gama de fenômenos maior do que aquela, além disso, a transcende quando pontua a relação de uma geração com outra. A economia, sendo a gestão de recursos escassos, faz relação apenas à geração que está a gerir estes recursos, o que permite uma visão praticamente infinita da realidade. As gerações futuras, que se utilizarão do saldo de baixa entropia, além de sofrer as consequências da poluição que a geração atual gera, não têm participação nas decisões do agora. Embora humanos possam pensar no bom futuro de seus filhos e netos, não são capazes de formar preocupação com os humanos que viverão no ano 3000 ou 30000. A crítica econômica básica diz que o mecanismo de preços é bom fiel de balança também para materiais finitos, o que pode levar à exaustão completa para gerações futuras, pois estas não competem no mercado atual, que logicamente estabelecerá preços inferiores do que se competissem. Caso as gerações futuras competissem no mercado atual pela compra de bem

irreproduzível, o preço deste seria infinito e não haveria consumo, levando a espécie a se valer de fontes não estoques como o sol (GEORGESCU-ROEGEN, 2005). Porém, como não é possível esta competição, toda dependência de matéria finita leva a humanidade ao colapso do sistema econômico, em que o preço tornar-se-á infinito a partir da exaustão. Assim, tem-se que no equilíbrio do mercado energético, os preços de materiais finitos constituem situação, mas não condição.

As reservas fósseis da crosta terrestre formam um estoque, contrastando com a energia solar que é um fluxo. Não se pode alterar a disposição de energia solar para gerações futuras, ou mesmo aumentar a disponibilidade atual, apenas aceitar o que o sol oferta. Há grande diferença entre o estoque de energia e o fluxo solar: o sol irradia  $10^{14}Q$  ( $Q=10^{18}BTU$  – *British Thermal Unit*) por ano, sendo que a necessidade energética humana não passa de  $0,2Q$  por ano (ressaltando que o sol continuará a brilhar pelos próximos cinco bilhões de anos), enquanto que estimativas indicam que todas as reservas fósseis do planeta dispõem de cerca de  $200Q$  (quantidade que o sol envia a terra em menos de um dia). A energia solar, se convertida em elétrica para consumo humano tem efeito zero de aumento da entropia do sistema, pois ela, de qualquer forma, iria aquecer a crosta terrestre e se dissipar no ambiente. A dificuldade a ser vencida é a distribuição natural da energia solar pela crosta terrestre, não apenas por questões tecnológicas, mas também institucionais, considerando que o acesso a esta fonte não pode ser restringido. Conclui-se que a eficiência energética, considerando o viés termodinâmico, tem como ápice a utilização da energia solar, mas qualquer esforço na direção contrária à utilização de combustíveis fósseis é bem vindo, pois implica em economia de baixa entropia (GEORGESCU-ROEGEN, 2005).

A consideração da lei da entropia na análise econômica é capaz de falsear quaisquer teorias que indiquem o equilíbrio como tendência no sistema econômico, pois estas versam sobre as ações dos agentes, em variadas perspectivas, mas sem menção ao dispêndio material e energético implícito na atividade econômica. A abordagem entrópica, trazendo a temporalidade junto a si, indica que a economia deveria extrapolar a eficiência medida por critérios financeiros, buscando a eficiência energética e material. Porém, nesta atuam agentes econômicos que buscam resultados factíveis dentro do período da sua vida biológica. Crer que a economia vá trilhar apenas caminhos eco eficientes, a partir de esforços educacionais e elucidativos, é uma ilusão, mito não menor do que a reversibilidade do tempo, pois

agentes econômicos continuarão a buscar elevar seu bem estar, investindo esforços na categoria de ação que lhes traga maior retorno. Uma alteração no ambiente institucional pode ser a saída ao dilema demonstrado, pois a abordagem institucional possui ferramental analítico que vai de instituições formais e informais, até a ação do agente econômico tomado em perspectiva individual, buscando a compreensão de como estes determinam sua conduta, a partir da estruturação do cenário no qual atuam.

## **2.2 Livre Iniciativa, Mercados e Atividade Empresarial**

Ação econômica é algo propositado, consciente, que se dá com o objetivo de atingir um fim determinado, se utilizando dos melhores meios à disposição, o que implica não apenas na escolha destes, mas também na refutação dos demais. Em uma situação de satisfação, nenhum agente está disposto a agir, pois a satisfação implica na não necessidade de mudança. Porém, os agentes estão constantemente desejosos de trocar uma situação por outra melhor, pois se não estivessem, não agiriam. Assim, é possível introduzir que os pré-requisitos iniciais à ação econômica são: desconforto com a situação presente e imagem de uma situação melhor, além disto, é necessário que o agente espere que um comportamento propositado possa melhorar sua situação (MISES, 2010). Os dois primeiros requisitos fazem parte da conduta humana, que busca algo melhor para si ou para os seus (familiares, comunidade, nação), já o terceiro requisito é parte da experiência do agente, ou seja, quais ações ele entende que possam lhe trazer os benefícios desejados.

Uma ação propositada é sempre racional e tem como objeto a satisfação de necessidades do agente, o que não exclui a possibilidade dela ser errada na perspectiva do espectador ou resultar em redução da satisfação, mesmo que agente e espectador julguem a correção desta. Considerando que agentes lidam, internamente, de forma diversa quanto ao ambiente em que atuam, a ação é um fato irreduzível, pois tentativas de buscar suas motivações para reduzi-la à premissas levariam a postulados cabíveis apenas subjetivamente, não formando lei geral. Se a ação é fato irreduzível, não representa objeto de investigação. O ponto é abordar os meios que o agente dispõe para atingir o fim pretendido, se são ou não, os mais adequados (MISES, 2010). Disto deriva que qualquer ação propositada por agente que não tem capacidade de atingir um fim específico por suas forças deve encontrar

formas de fazer com que os demais agentes, imbuídos na busca dos fins deles, utilizem meios que proporcionem os fins desejados pelo agente incapaz de fazê-lo, pois buscar alterar a motivação dos agentes é inviável. Trazendo isto à lógica de necessidade de alteração da matriz energética, tem-se que é impossível que todos os agentes ajam pautando eficiência termodinâmica como objetivo, mas é possível alterar os meios dos quais eles dispõem para atingimento dos seus fins, que geralmente se traduzem em ganho financeiro para adquirir bens e serviços.

A teoria do funcionamento do mercado, ou teoria geral dos preços, trabalha com quantidades e preços em situação de equilíbrio, construindo sua lógica na redução de premissas como gostos, tecnologia e dotação de recursos a constantes, restando o embate de oferta e demanda para determinação de preços e quantidades. Toda vez que esta teoria é utilizada para antever os efeitos de alguma mudança, o foco é sempre em como ela irá alterar a condição de equilíbrio, ou seja, determinar os novos valores das variáveis quantidade e preço, pois o equilíbrio de mercado seria fatalmente atingido. A teoria do mercado trazida por Kirzner (2012) toma o mercado como processo dinâmico que tende ao equilíbrio, sem nunca alcançá-lo. O objeto desta se torna a compreensão de como as decisões de agentes econômicos, ou a alteração nas premissas tomadas como constantes pela teoria geral dos preços, leva à movimentos sistemáticos que modificam os mercados. Em síntese, o objeto dessa teoria é o processo de mercado e não a condição de equilíbrio.

Em qualquer tempo o mercado é composto pela interação das decisões de consumidores, empresários, produtores e proprietários de recursos. Em período específico, nem todas estas decisões estão postas, de modo que um agente não tem informação completa para tomar sua decisão, podendo incorrer em erro, caso descubra posteriormente que havia melhor decisão do que a que tomou. Após a conscientização do erro, as próximas decisões carregam consigo a experiência passada, corrigindo o pessimismo ou otimismo demais. Este processo ocorre independente das condições tomadas como premissas pela teoria geral dos preços. Ao longo do tempo, as modificações sucessivas dos agentes transformam o mercado, não em direção ao equilíbrio, mas à continuidade do processo que ele representa (KIRZNER, 2012). Há margem à construção teórica de situação em que as decisões sejam tomadas com total informação quanto às ações dos demais agentes, cenário no qual cessaria o processo de mercado, porém, o mundo real não

confirma tal situação. Os mercados sempre estiveram suscetíveis à informações parciais e desuniformes, mas isto não impediu a tomada de decisão, fazendo dele um processo e não um ciclo.

No processo de mercado, preços representam as principais informações utilizadas pelos agentes na tomada de decisão, a partir da consideração dos preços históricos e atuais, que podem dar pistas quanto aos futuros. Os preços formam-se na interação da oferta e da demanda, sendo que quando elevados levam mais ofertantes ao mercado em questão, reduzindo estes e, conseqüentemente, os lucros, excluindo ofertantes menos eficientes (HAZLITT, 2015). Este processo tem continuidade com migração de capitais entre mercados, em dinâmica motivada por flutuações naturais em premissas como gostos, ambiente legal e tecnologia. A formação de preços é um processo social em que todos cooperam, cada um com um papel específico, seja ofertante, demandante ou especulador. Entretanto, quando maior for o mercado, menor será a contribuição de cada agente na formação dos preços, dando a este a impressão de que se ajusta a eles (MISES, 2008). Se o governo fixar preços, ainda que a níveis considerados ótimos, o processo do mercado será impedido, ou seja, flutuações naturais, advindas de modificações na demanda ou oferta, não comunicarão informações reais aos agentes para a tomada de decisão.

O constante desequilíbrio do mercado é condição para existência da função empresarial, em que agentes identificam as melhores oportunidades de retorno de investimento mesmo antes delas existirem, lidando com pouca ou nenhuma informação quando decidem levar um produto ou serviço ao mercado. A principal função do empresário é descobrir informação e cria-la onde não existe. Então, a lógica *neoclássica* de tomada de decisão baseada nos custos e benefícios esperados não tem aplicação, sendo o mercado processo em constante desequilíbrio e não ciclo equilibrado. Nesta lógica, a assunção de riscos não pode ser vista como a fonte dos lucros, ou justificativa destes, mas sim um custo da função empresarial. O lucro denota da descoberta de oportunidades de ganho, inexploradas ou pouco exploradas até então, e da forma como se tirará partido destas (SOTO, 2010). O empresário, na busca e aprendizagem constante das melhores formas de obter lucro, presta serviço à manutenção da concorrência, pois quando obtém lucros elevados força os demais ofertantes ao mesmo caminho, sendo que estes buscarão ultrapassá-lo, reinventando a si mesmos (HAYEK, 1985).



Assim, a função do empresário no processo de mercado não fica restrita à descoberta de novas combinações de fatores, sendo ele o cerne de uma dinâmica incessante, que permite lucros mesmo na reprodução de padrões amplamente explorados, como derivados do petróleo.

Na condição de equilíbrio, trabalhada pela teoria geral dos preços, não há espaço para agentes capazes de identificar oportunidades de negócio. Se as decisões de todos os jogadores se encaixaram perfeitamente, significa que as melhores oportunidades de lucro constituem informação disponível a todos participantes e, assim, serão aproveitadas pelos grandes jogadores a partir do seu poder de investimento. Então, na teoria geral dos preços não há espaço à função empresarial, pois aos agentes apenas caberia levar a economia de um equilíbrio a outro, alocando recursos de maneira ótima, a partir de informações dadas quanto as melhores opções (KIRZNER, 2012). Esta perspectiva sugere que quando os preços da energia, da atual matriz energética se tornarem proibitivos os mercados harmonizarão oferta e demanda com alocação ótima na melhor opção energética disponível. A visão de equilíbrio visualiza o cenário final, sem pautar quais choques ocorrerão no sistema, bem como quais agentes serão afetados e quais podem oferecer soluções.

Ainda que a abordagem da teoria geral de preços possa tomar as ações empresariais concretizadas e identificá-las como simples alocação, ela não capta o processo privado envolvido na descoberta e realização da oportunidade. Reconhecer a atividade empresarial como diversa da alocativa vai além da identificação de lacunas na teoria posta, pois permite que, na consideração do processo de aprendizagem, entenda-se como sequência lógica as decisões tomadas por um agente, que aprende e aprimora as próprias condutas, o que não é possível na teoria geral, em que cada jogada de alocação é isolada (KIRZNER, 2012). A força deste argumento é que na hipótese de alteração propositada da matriz energética, os agentes estariam mais abertos ao novo padrão tecnológico à medida que a mudança avançasse, validada no mercado pela geração de lucro financeiro aos ofertantes e satisfação dos demandantes, constituindo assim mudança de instituição informal com ação direta nos hábitos de consumo.

O cálculo econômico é o processo realizado pelos agentes em todas as trocas ou decisões de investimento a partir dos preços disponíveis. Ele é a inter-relação das preferências subjetivas ordinais com as estimativas de preços de

mercado cardinais, ou seja, em uma decisão econômica confrontam-se os desejos dos agentes com as valorações monetárias no mercado. A ponte entre preferências e preços é a troca impessoal, em que agentes, espontaneamente, transacionam bens e serviços por dinheiro, trazendo satisfação a ambos, sem a necessidade de relações pessoais. Se as trocas impessoais forem impedidas a ponte entre o mundo subjetivo do agente e objetivo dos preços estará desfeita, travando a dinâmica econômica (MISES, 2010). A partir da lógica do processo de mercado, torna-se pertinente entender como intervenções institucionais alteram os movimentos espontâneos do mercado, impedindo certos rumos às decisões dos agentes, seja limitando a satisfação de necessidades, ou fechando o horizonte às possibilidades de investimento.

Quando um projeto não é atrativo à iniciativa privada, mas o público entende que os ganhos são importantes para a sociedade, tem-se a diretiva de que é dever do Estado viabilizar o empreendimento, seja por empresas públicas ou subsídios aos produtores, direta ou indiretamente. Porém, qualquer gasto para viabilizar um projeto não lucrativo é uma subtração de bem-estar da sociedade que, primeiro financia a ação por meio de tributos, depois tem à disposição no mercado bens a preços mais elevados do que os que a livre iniciativa privada possibilitaria com investimentos lucrativos (MISES, 2010). Além disso, a garantia de subsídios aos produtores faz com que tenham nestes garantia de renda, sendo possível que deixem de buscar a eficiência econômica das suas operações. O lucro deixa de ser o objetivo da atividade, passando a ser a manutenção da renda advinda do subsídio. As empresas públicas têm lógica semelhante, pois o mercado pode ser garantido por legislação monopolizadora, situação que permite lucros à organização mesmo que os preços praticados sejam maiores do que o mercado ofereceria; formando restrição tácita à função empresarial, a partir da garantia da máquina pública à estatal. Em ambos os casos, produtos e serviços tendem à baixa qualidade, haja visto que a eficiência econômica deixa de ser condição da atividade.

A teoria da captura, originária da *Escola de Chicago*, indica que setores sob forte regulação institucional acabam por capturar o governo, fazendo com que este passe a legislar em favor da manutenção da dominação do mercado pelas empresas já estabelecidas. Agindo assim, o governo troca favores com organizações privadas, garantindo mercados em troca de contribuições de campanha. A contribuição de *Chicago* pode ser expandida, considerando que sua dinâmica leva à situação em

que o setor regulado se sente confortável com as vantagens concedidas pelo governo, diminuindo a qualidade dos serviços ofertados para aumentar lucros, pois a estrutura do mercado, seja oligopólio ou monopólio, está artificialmente garantida. A redução de qualidade dos serviços reverte em apelo público para que o governo intervenha mais no mercado, levando a mais regulações que fazem o setor passar por grandes dificuldades, até a dependência total de códigos, normas e medidas legais para operar. O setor privado passa a ser guiado por burocratas, representando estatização indireta (ROQUE, 2015). Agências regulatórias, quando agem no sentido de determinar a forma de operação de determinado mercado, não apenas dotação aos agentes de regras estáveis, impedem que a função empresarial encontre formas de diferenciação, seja de qualidade ou preço, ou seja, a concorrência não pode ocorrer. Nesta estrutura, os agentes são obrigados a comprar bens e serviços dos únicos ofertantes existentes, algo distante de estrutura baseada no processo de mercado.

As agências regulatórias protegem as empresas reguladas dos consumidores, pois se em uma via determinam preços e padrões de serviços, em outra restringem a entrada de novos competidores, garantindo mercados. O efeito da regulação é oposto ao objetivado, que seria de proteção dos consumidores frente às empresas reguladas, pois excluem a possibilidade de negociação entre partes envolvidas na transação. Considerando que há determinações exógenas, fazendo do consumidor refém da legislação, lhe cabe apenas aceitar passivamente a aplicação de diretivas legais ao objeto do consumo. Em síntese, uma agência regulatória promove a cartelização do setor que regula, pois impede a livre iniciativa, o livre mercado e a concorrência; não se baseando nas preferências do consumidor para ofertar produtos e serviços, mas sim em acordos burocráticos com o governo (SENNHOLZ, 2013). Tentativas de corrigir falhas alocativas do mercado ou garantir qualidade e preço acessível à população, objetivo básico de agências regulatórias, não é capaz de trazer justiça aos resultados do processo de mercado. Neste, não há decisão única para determinar o vencedor, mas sim um emaranhado de relações que transcende a capacidade de qualquer agente equalizar o processo com determinações objetivas de quantidade e qualidade. Cada ato regulatório tem caráter onisciente e, quando apontadas outras injustiças apesar da ação regulatória, estas demandarão outras ações de regulação. O caráter do ato regulatório não tolera equívocos. Porém, a correção de uma ordem espontânea só é válida quando

seus princípios têm validade global, não apenas sobre setores ou alguns agentes (HAYEK, 1985). Assim, tem-se que deficiências mercadológicas devem ser resolvidas via instrumentos legais de validade global, evitando a concessão de privilégios a alguns agentes.

O setor energético brasileiro é exemplo de mercado em que a regulação estatal não apenas determina forma de operação, mas também os preços em vários segmentos, sufocando iniciativas empresariais com barreiras à entrada de novos ofertantes, seja pela escala de negócios ou pelo ambiente legal instável que não permite segurança ao investimento. Qualquer solução que busque alterar a matriz energética de forma efetiva deve considerar que apenas a viabilidade econômica privada, ou seja, possibilidade de obtenção de lucro com as atividades, é capaz de garantir massificação de novo padrão tecnológico de forma permanente. A função empresarial está presente em vários níveis da sociedade, assim, ambiente institucional capaz de alterar os meios com os quais os agentes obram na busca de seus objetivos tem efeito global. A mudança depende da construção de certezas aos agentes, como ambiente legal estável e liberdade econômica, permitindo a entrada de ofertantes independente do tamanho destes, com regulações gerais sustentadas no princípio de não agressão, mas sem a determinação de forma de operação ou preços a serem praticados. A Nova Economia Institucional traz teorização ampla à análise dos ambientes no qual os mercados se situam, bem como quais instituições o influenciam, sendo pertinente entender sua perspectiva.

### **2.3 Economia e Instituições**

A NEI (Nova Economia Institucional) aborda a realidade econômica como permeada por instituições que alteraram as relações entre agentes, ao mesmo tempo em que são por eles alteradas. Há grande contraste com a visão da teoria geral dos preços, em que o necessário ao funcionamento do mercado está contido em leis simples, mas que se revelam descoladas da realidade, como a abordagem de concorrência perfeita com produtos homogêneos. Desta forma, pautando instituições que alteram as regras do jogo econômico, como leis, normas e costumes; busca descrever a economia como ela é, e não como análises *in vitro* fazem supor que seja. A escola é contemporânea, tendo partido de teorias e abordagens já existentes, assim, buscar suas origens facilita o entendimento de

como o novo campo teórico se relaciona ou não com visões consolidadas. Para Farina, Azevedo e Saes (1997) sua origem remonta, entre outros, a Hayek e Bernard que, de forma diversa, indicam que é a adaptação das organizações ao ambiente externo o principal na busca pela eficiência nas operações e não a simples alocação de fatores.

O *insight* inicial da construção teórica da NEI é de Coase que, na década de 1930, indica a firma como um espaço de coordenação econômica, em que os agentes buscam meios de vencer as incertezas do mercado, como contratos, formais ou não, firmando relação estáveis com fornecedores e clientes. Uma firma teria duas alternativas: ir ao mercado e, por experiência, captar informações, ou estabelecer ambiente interno de coordenação, com o estabelecimento de contratos com clientes e fornecedores; cada conduta com custos vinculados. Os custos para uma firma ir ao mercado (entrar ou permanecer neste), são custos de transação, que não podem ser quantificados pela abordagem de custos contábeis (FARINA; AZEVEDO; SAES, 1997). Instituições, juntamente com as disponibilidades tecnológicas, determinam os custos de transação, que são, em última análise, resultado de um emaranhado de restrições agindo sobre partes isoladas de uma transação, configurando a dimensão mais visível do quadro institucional estabelecido (NORTH, 1990).

North (1990) indica que a nova abordagem institucional tem como princípio a assunção de que um sistema econômico é limitado por um conjunto de instituições que representam as regras do jogo. Elas são construções humanas que restringem a ação, estruturando o ordenamento social, econômico e político, com aspecto informal (costumes, tradições, ética) e formal (constituições, leis, normas). A abordagem é propositadamente abrangente, pois visa inserir todos os níveis de ação do agente como influenciados por instituições. Qualquer teorização econômica deve considerar que nenhuma ação faz-se sem relação com as instituições vigentes e, a alteração de um de seus aspectos (formal ou informal), terá implicações no outro, transformando-o, enquanto por ele é transformado. Com a complexificação das sociedades, tornou-se necessário que instituições formais fossem garantidas por terceiros, objetivando segurança às relações impessoais, coube ao Estado esta garantia, por meio de seu poder de coerção. É necessário estabilidade na ação estatal quando exige cumprimento de regras formais, para que agentes tenham incentivos em investir recursos em projetos econômicos que envolvam outras partes,

dinamizando a economia, com a diminuição dos custos de transação. A falta de estabilidade no meio social configura desincentivo à ação econômica, que implica em baixa cooperação e desempenho econômico.

Ambiente institucional e estrutura de governança são os dois níveis de análise da NEI, semelhante à lógica macro e microeconômica, a relação direta entre ambos é que a estrutura de governança se desenvolve dentro do ambiente institucional posto (FARINA; AZEVEDO; SAES, 1997). O mercado torna-se ferramenta para o desenvolvimento econômico, mas não a única, nem o processo de desenvolvimento em si, como defendido por *neoclássicos*. As premissas ao desenvolvimento seriam dadas pelo ambiente institucional, que alterariam o mercado enquanto instituição econômica (BEGNIS; ZERBIELLI, 2002). Deriva disto, que inflexões na matriz energética não seriam realizadas diretamente pelo ambiente institucional, mas este é capaz de alterar instituições econômicas, como, por exemplo, os mercados setoriais. A mudança partiria dos mercados emergindo às demais instituições, como o modelo de produção, estrutura de governança e estruturação da sociedade, sendo que a última reconduziria a nova revisão no quadro institucional, por meio da política, que fosse capaz de sustentar as novas lógicas da atividade econômica. Esta dinâmica representa fluxo instável, porém constante.

Na abordagem do nível de estrutura de governança da NEI, também conhecida como Economia dos Custos de Transação, se desenvolvem vários conceitos para entendimento de como as firmas evitam os custos vinculados ao jogo de mercado. Um destes custos é a possibilidade de comportamento oportunístico por uma das partes envolvidas em uma transação, pois são diversos os níveis de informação à disposição dos agentes. Transações envolvendo ativos de elevada especificidade têm maior potencial de comportamento oportunístico dos agentes, assim, tem elevados custos de transação, motivando à utilização de outras formas de transacionar, como a formalização de contratos com direitos preestabelecidos, ao processo de mercado de troca impessoal (GUERRA, 2012). No caso de serviços energéticos, no geral consumidores têm pouco ou nenhum conhecimento técnico sobre a real funcionalidade do produto ou serviço que compram, bem como dos custos envolvidos na geração e distribuição, seja a origem fóssil ou renovável, seu conhecimento tende a se situar apenas sobre a utilidade do objeto de consumo. É razoável supor que em perspectiva de alteração de matriz energética a formalização

de contratos também será opção dos agentes, para defender-se da diferença informacional entre as partes envolvidas.

O enfoque da NEI permite a identificação de potenciais conflitos, advindos de pressões externas ao sistema econômico, que vão demandar alterações no ambiente institucional, sendo que é a estruturação deste que leva uma nação ao desenvolvimento, caso proporcione confiança entre agentes no mercado, incentivando a cooperação impessoal (BEGNIS; ZERBIELLI, 2002). Porém, como as instituições derivam da sociedade, e esta pode ser guiada por agentes de elevado poderio econômico ou força política, elas podem configurar barreiras ao desenvolvimento econômico, caso não haja pluralidade de interesses nos agentes influentes (NORTH, 1990). Este conceito, que indica um tipo de poder, leva à tendência de manutenção de *status quo*, fazendo com que as instituições não deem ao processo econômico ambiente propício à eficiência, pois carregam consigo boa medida de arcaísmo. O *status quo* é a tendência no médio e longo prazo, a não ser que eventos externos, com potencial de remapear as capacidades privadas, ocorram. Assim, mesmo que a NEI dê argumentos para balizar a modificação da lógica produtiva frente às pressões exógenas, como limitantes físicos do planeta, ela pontua que instituições formam barreiras à mudança, a nível formal e informal, haja visto sua estruturação sob influência de agentes, ou grupos deles, com restrição variável à pluralidade da sociedade.

A evolução das sociedades, em perspectiva econômica, se dá com a estruturação de instituições que permitam segurança às trocas impessoais. A história das sociedades pode ser contada partindo-se de vilas em que não há o Estado, recaindo sobre a igreja o ônus de fomentar a confiança entre agentes, porém, esta joga com interesses particulares, bloqueando algumas potencialidades de cooperação; até chegar-se a situação em que o governo é responsável pela aplicação de regras formais que garantam a estabilidade das relações impessoais, potencializando o desenvolvimento econômico. Nesta abordagem o Estado não é a solução, mas sim a estabilidade do ambiente institucional que ele pode possibilitar, diminuindo custos de transação. A ascensão econômica ocidental pode ser explicada sob esta perspectiva, pois a não prevalência da religião permitiu a formação de estruturas dinamizadoras do desenvolvimento econômico, principalmente na facilitação do fluxo de capitais e transformação de incertezas em risco (NORTH, 1990), estes passíveis de mensuração, logo, de gestão. Sendo

válidas as premissas da NEI, é possível a de análise da estruturação das instituições econômicas para entender a diferença de desempenho observado entre nações, pois não havendo diferenças socioambientais, as questões pertinentes devem ali situar-se.

Não é por acaso que Thomas Edison e Henry Ford surgiram na sociedade norte-americana e não na América Latina, ou que é a Coreia do Sul e não a do Norte que tem presença mundial a partir de marcas como Samsung e Hyundai. Sociedades que atuam em ambientes permeados por instituições amigáveis e incentivadoras ao empreendedorismo formam agentes capazes de assumir a função empresarial com elevada eficiência. Neste ponto, há consonância com correntes que defendem que desenvolvimento é a transformação de potencialidades em realidade, ou seja, muitos países têm “Jobs” e “Einstein” em potencial, mas se as instituições econômicas não formarem incentivos aos agentes investirem em educação e inovação, estes podem ser forçados a escolher entre alternativas abaixo do seu potencial, como trabalhos manuais na agricultura e indústria (ACEMOGLU; ROBINSON, 2012). Agentes escolhem a qual atividade irão se dedicar dentro do horizonte que podem visualizar, sendo que este é modulado a partir das instituições locais que lhe dão a medida de onde pode chegar e do que é certo ou errado.

Para Acemoglu e Robinson (2012) o paradoxo das duas Coreias é exemplo de como instituições econômicas determinam o desempenho das nações. No Sul, os agentes têm liberdade para empreender e transacionar, fazendo com que a sociedade se organize para formar pessoas capacitadas para exercer a função empresarial, em contraponto ao Norte, em que a condição de ditadura comunista elimina a propriedade privada e o mercado, onde agentes não têm incentivos para estruturar instituições sociais que levem pessoas a formarem-se para a função empresarial. As instituições econômicas da Coreia do Sul são inclusivas, permitindo à função empresarial auferir lucros na sua atividade, partindo do princípio de garantia da propriedade privada, sem a qual nenhum agente está disposto a investir. É a política o meio pelo qual instituições econômicas inclusivas são sustentadas em uma nação, devendo esta ser pluralista para evitar a estreiteza do poder e forte para aplicar a lei de forma irrestrita. Caso não seja, as instituições econômicas serão extrativistas, levando à transferência constante de riquezas para o mesmo nível ou grupo social. Estes conceitos são facilmente vinculáveis à alteração da matriz energética, pois a viabilidade do processo depende dos agentes terem garantias de



que ao obter lucros econômicos poderão desfrutar deles, não sendo altamente taxados ou tendo que entregar seus projetos, produtos ou serviços a alguma autoridade.

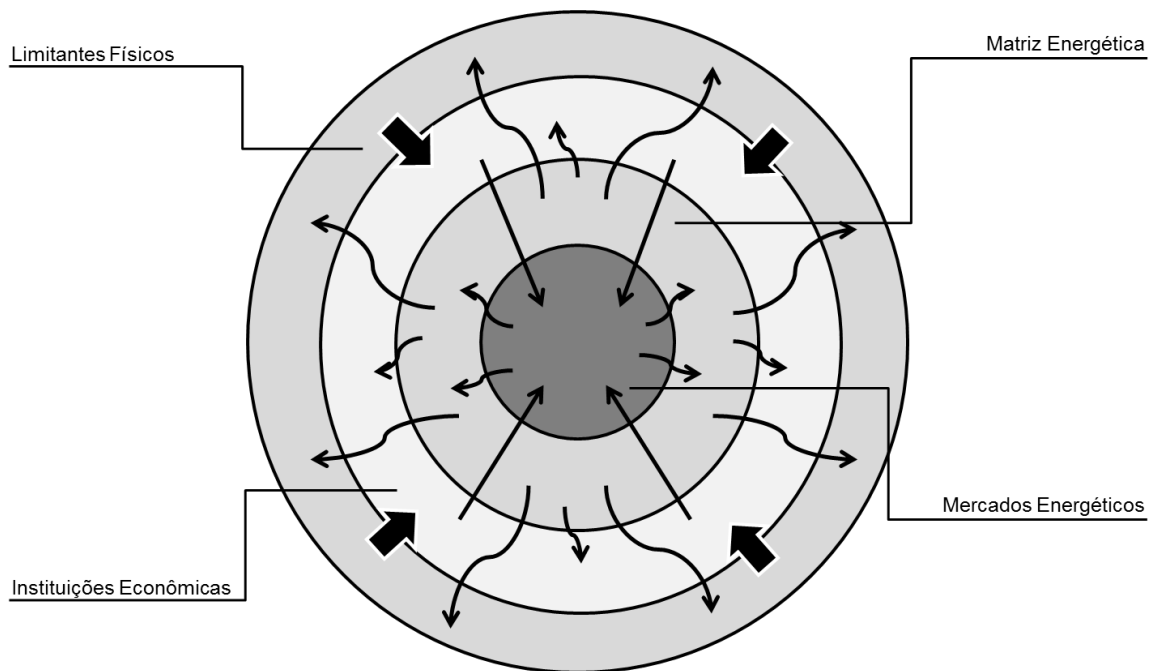
Para Hayek (1985), tratando de leis que regram a atividade econômica, estas são justas quando asseguram, a qualquer agente, condições favoráveis ao sucesso de uma iniciativa, mas não determinem seu resultado. Deriva disto que todo agente terá direito à iniciativa, mas não oportunidade, pois esta é função de variáveis subjetivas ao ponto de serem irredutíveis à análise científica. O sucesso ou não de determinada iniciativa neste cenário não dá medida de justiça, pois neste jogo apenas a capacidade não basta, são necessárias relações certas no tempo certo, ou seja, há componente de casualidade na determinação do vencedor da situação. Este argumento torna possível o atingimento da justiça em ordem espontânea, permitindo que o melhor desempenho em cada ocasião seja o vencedor, posição não garantida nas próximas ocasiões. A justiça do ambiente de igualdade legal está em permitir que as iniciativas possam ter sucesso, mesmo que não sejam as mais capacitadas, cabendo aos perdedores buscar formas de vencer dentro do ambiente posto. Esta visão dá medida de quais pressupostos um ambiente institucional deve compor às regras do jogo econômico, sendo as leis a principal ferramenta a ser utilizada, haja visto os efeitos da regulação via agências estatais discutidos anteriormente. Os conceitos de Hayek (1985) são adicionais e especificam ao nível do processo de mercado a teorização de instituições inclusivas de Acemoglu e Robinson (2012).

## **2.4 Síntese e Vinculação das Perspectivas Abordadas**

A construção teórica deste trabalho é multidisciplinar, sendo que a vinculação de perspectivas diversas, que em alguns aspectos vão de encontro umas as outras, deve ser feita de forma cuidadosa para que o esforço não resulte em contradição. O cerne da abordagem multidisciplinar está na assunção de que as teorizações são construções diversas que servem ao entendimento de uma única realidade que, por ser complexa, permite afirmações válidas, mesmo que dissonantes, desde que mantenha-se coerência com o caminho percorrido. A realidade pode ser vista como um grande sistema de relações entre agentes e coisas que se modificam no embate de suas diferenças, em linha com o ferramental teórico utilizado. Como forma de sintetizar as visões chamadas ao presente trabalho, a Figura 1 oferece

demonstração de ordenamento e lógica de causação da construção teórica empreendida:

**Figura 1 - Construto Teórico**



Fonte: elaborado pelo autor.

O nível mais externo, Limitantes Físicos, indica a emergência de mudança, que é alarmada pela argumentação da mudança climática causada pelo efeito estufa, teoria do Pico do Petróleo e lei da entropia, que a abordagem focalizada faz entender quais implicações tem sobre o modelo de produção posto e sua dependência energética em fontes fósseis, indicado que o objetivo deveria ser a eficiência termodinâmica. Os Limitantes Físicos do planeta em que a humanidade está reclusa fazem pressão sob todos os demais níveis demonstrados na figura (indicada pelas quatro setas concêntricas mais espessas). O segundo nível indicado são as Instituições Econômicas, que sendo as regras do jogo, não têm capacidade de dar resposta direta à pressão dos Limitantes Físicos, mas podem alterar os caminhos trilhados pelos agentes, pois é capaz de modular os meios que eles utilizam para atingir seus fins. Esta modulação pode ser entendida como alteração institucional objetivando ambiente propício à função empresarial nos mercados

energéticos (indicada pelas quatro setas concêntricas alongadas que levam ao último nível). O último nível, no centro da Figura 1, Mercados Energéticos, é onde o processo de mercado é capaz de dar respostas eficientes caso o ambiente institucional posto seja estável, haja retornos financeiros factíveis e garantia de propriedade privada. A lógica da centralidade dos Mercados Energéticos é que neste nível agentes escolhem quais atividades empreenderão, ou seja, quais lhes trarão maior retorno financeiro. O poder deste nível é que ele representa a interação da sociedade com a economia no mercado enquanto instituição econômica e, modificar este, significa alterar a visão de mundo dos agentes, os horizontes que vislumbram quando planejam suas ações e suas noções de certo e errado, ou seja, instituições informais.

As setas curvadas excêntricas indicam o processo de causação instável e constante na ordem lógica, mas que não se dá de forma linear, haja visto que o processo de mercado não ocorre, necessariamente, em ambiente estável. Os Mercados Energéticos, caso liberados pelas Instituições Econômicas para empreender função empresarial com eficiência termodinâmica, poderiam alterar a Matriz Energética, terceiro nível, pois a oferta de bens e serviços de origem não fóssil desencadearia um processo de mudança nas fontes energéticas que, por consequência, alterariam parcialmente o modelo de produção, levando à inovação e adequação da produção para ser movida à nova matriz. As alterações na Matriz Energética demandariam modificações nas Instituições Econômicas (também no ambiente institucional), adequando-as ao suporte da nova matriz, ou seja, sustentando o caráter inclusivo proposto para os Mercados Energéticos. A linha de resposta à pressão dos Limitantes Físicos tem origem no nível da Matriz Energética, pois é neste que a ação econômica, incentivada pelo ambiente institucional, tem efeitos com implicações benéficas ao meio ambiente; com destino ao nível de Limitantes Físicos. Alterações termodinamicamente eficientes na matriz energética diminuiriam a pressão da economia sobre a natureza, pois implicam em menor utilização de baixa entropia, levando a uma realidade econômica mais sustentável.

A Figura 1 indica o caminho que a construção teórica empreendida visa percorrer, mas há barreiras grandes a serem superadas. Enquanto o *status quo* da matriz energética garantir lucro aos agentes dominantes, sejam privados ou públicos, os costumes atuais e seu arcaísmo continuarão, pois estes agentes buscarão garantir a permanência das instituições atuais através do seu poderio. A

lógica de maximização de lucros forma amarras à construção de ambiente institucional que permita desenvolvimento de novas estruturas (com causação demonstrada na Figura 1). É necessário que agentes enraízem em suas concepções de mundo que a eficiência termodinâmica é o caminho correto, antes de serem obrigados, de forma resistente, a se adaptar a novo padrão, o que poderá implicar em crise econômica duradoura. A maneira de atingir este objetivo é viabilizar o lucro financeiro no caminho da mudança, assim, a atividade empresarial trará ao processo de mercado produtos e serviços da nova matriz energética, da mesma forma que fez, no início do século XX, com bens movidos por combustíveis fósseis.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Caracterização e Objeto da Pesquisa

A metodologia a ser utilizada neste trabalho tem como linha central o método dedutivo, com auxílio do método histórico de investigação. Para Gil (1991) o método dedutivo parte de princípios considerados verdades indiscutíveis, para extração de conclusões formais em virtude de aplicação de lógica que não supere as premissas ora estabelecidas. Hoppe (2010) indica que a ciência econômica deveria ter como uma das linhas de pesquisa centrais o estudo dos efeitos de alterações no sistema econômico considerando verdades *a priori* fixas na conduta humana, como a lógica de busca incessante por satisfação de necessidades. Assim, é possível introduzir a premissa de que os agentes buscarão os melhores meios possíveis na satisfação das suas necessidades, cabendo à ação propositada com objetivos superiores ao nível privado focar na alteração dos meios que os agentes dispõem na busca de seus fins.

O objeto deste trabalho é o mercado energético, considerando os condicionantes que pressionam em direção à necessidade de alteração da matriz energética. Assunto atual e de urgência crescente, que demandará alterações drásticas no modelo de produção. A utilização do método dedutivo necessita de estratificação de axiomas válidos para os mercados considerados, para que possam ser introduzidas, por meio da lógica, quais alterações ocorrerão em cenário com algumas premissas fixas. Neste ponto, o método histórico de investigação se torna auxiliar ao dedutivo, pois ele é capaz de percorrer o tempo investigando condutas do comportamento dos agentes e considerando condicionantes específicos de cada situação, não apenas o resultado delas (MUNHOZ, 1989). A combinação dos métodos propostos permite que postulados teóricos sejam contrapostos à realidade de eventos históricos concretizados e, caso mostrem-se válidos, poderão ser aplicadas na dedução do futuro, em ambiente diverso do presente e com razoável segurança. A combinação tem como objetivo buscar a máxima coerência das análises e soluções compostas no cumprimento dos objetivos propostos.

### 3.2 Obtenção de Informações e Dados e Método de Análise

O objeto geral do estudo, que vincula-se à economia da energia, tem amplo material de produção acadêmica, em especial a partir da segunda metade do século XX, em que alguns ramos da ciência passam a ter consciência da insustentabilidade de padrões energéticos baseados em fontes materiais não renováveis. A produção acadêmica passada serve de fonte à retrospectiva histórica, com utilização de livros, artigos, dissertações e teses de pós-graduação e estatísticas oficiais, captadas junto a entes públicos e privados de credibilidade, como agências voltadas ao setor, além da consulta a legislações do mercado energético do Brasil. Este é o primeiro momento de análise, em que premissas indicadas na construção teórica realizada serão comparadas com a história, buscando pontos de contradição que possam ter inviabilizado, parcial ou totalmente, o alcance dos fins pretendidos em cada evento ou as razões do seu sucesso. Além de apontar erros históricos, este procedimento resultará em pontos de atenção no próximo nível de análise que buscará indicar qual o ambiente poderá encaminhar solução ao problema posto.

O segundo momento analítico busca, a partir da construção teórica realizada e da investigação histórica empreendida, introduzir qual ambiente institucional seria favorável à alteração na matriz energética para eficiente em termos termodinâmicos, com campo restrito ao Brasil, permitindo maior precisão ao ambiente proposto. Este momento traz a análise de viabilidade econômico-financeira na aplicação de fontes energéticas alternativas às fósseis para agentes privados, haja visto a assertiva teórica de que é este nível de ação o protagonista da mudança, considerando as instituições informais vinculadas à ele. A partir das tecnologias de geração de energia privada disponíveis no mercado brasileiro, com custos de investimento captado junto à empresa que oferece os serviços de projeto e instalação de geradores, será realizada simulação de instalação de sistema fotovoltaico em uma empresa industrial de grande porte. Os valores observados, de dispêndio e retorno de capital serão analisados pelos indicadores econômico-financeiros VPL (Valor Presente Líquido), TIR (Taxa Interna de Retorno) e *Payback* descontado (tempo necessário para retorno do capital investido, considerando custo de oportunidade).

O VPL (eq.1) demonstra a atratividade de um investimento transformando seus retornos em períodos futuros (VF) em valores presentes (VP), considerando uma taxa de atratividade referencial, que pode ser a taxa básica de juros praticada

no país foco, e subtraindo o valor de investimento. A equação do VPL trabalha ainda com investimento inicial ( $I_0$ ), taxa de juros de referência ( $i$ ) que indica o custo de oportunidade do capital imobilizado, período de retorno do capital ( $t$ ), que utiliza o tempo decorrido do investimento ao retorno para deflacionar o valor à taxa de juros de referência; e quantidade de períodos em que há retorno do investimento ( $n$ ), que é seu tempo de vida. Caso o resultado seja positivo, indica-se viabilidade do investimento, pois este tem retorno superior à taxa referencial (SANTOS; 2015).

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{R_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (1)$$

A TIR (eq.2) utiliza o fluxo de caixa de um investimento, considerando os períodos em que ocorre, e resulta na taxa percentual que representa o retorno de capital realizado, que deve ser comparada com a taxa de referência, caso seja maior, indica viabilidade.

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{R_t}{(1+TIR)^t} - I_0 \quad (2)$$

O *Payback* descontado consiste em avaliar em quanto tempo os retornos de um investimento são suficientes para recompor o valor inicialmente dispendido, sendo que os retornos são deflacionados ao período do investimento com o indicador de VP (Valor Presente) (eq.3), por meio da taxa referencial (CASAROTTO; KOPITTKKE, 2000). Este método carrega consigo a variável tempo, que assume papel central quando relacionada à conduta humana, pois esta não empreende ação em vias que não garantem benefício em horizonte temporal factível. Por esta razão, ele é um método comumente utilizado por empresários, pois dá medida de liquidez (GALESNE; FENSTERSEIFER; LAMB, 1999). O *Payback* descontado será demonstrado em formato de tabela, dando maior visão à dimensão temporal.

$$VP = \frac{VF}{(1+i)^n} \quad (3)$$

A qualidade dos indicadores econômico-financeiros está diretamente relacionada à precisão dos dados obtidos, porém, eles não são capazes de definir em absoluto pela aplicação de um investimento. Em toda decisão (privada ou pública) constam premissas não quantificáveis que, por essa razão não podem ser

inseridas nas equações, significando que os indicadores configuram ferramental à construção de argumento, mas não juízo final de aplicação. Neste ponto, faz-se necessário também o entendimento de que valores atuais das tecnologias disponíveis podem ser alterados em futuro próximo caso haja ambiente propício à função empresarial, bem como quais efeitos essa alteração pode ter sobre a viabilidade econômico-financeira.



## 4 (IN)VIABILIDADE DA TRANSFORMAÇÃO NA MATRIZ ENERGÉTICA

Este capítulo tem como objetivo analisar o quadro atual da matriz energética brasileira, comparando-a a outras realidades mundiais, no que toca a necessidade de alteração desta, haja visto a insustentabilidade atual da dependência fóssil. No referencial teórico se pôde observar que é a energia elétrica de fonte solar a melhor opção para constituir matriz energética sustentável. Porém, há outros movimentos de diversificação em operação, não apenas no setor elétrico, mas também nos combustíveis líquidos. Faz-se necessário entender como se dão os incentivos aos combustíveis líquidos renováveis, em visão histórica e institucional, além de analisar o mercado elétrico e as normativas direcionadas à energia solar. Esta busca resulta em amplo conteúdo histórico e institucional criticado com contraponto na construção teórica empreendida, gerando pontos de atenção e ressalvas aos próximos passos do trabalho. Complementar à análise institucional consta neste capítulo orçamento simulado de aplicação de infraestrutura de geração de energia solar, para agente com elevada demanda energética, visando a visualização da atratividade econômico-financeira do investimento. Feito isso, há bases teóricas, históricas e práticas, para justificar a elaboração de ambiente institucional propício a alterações que signifiquem inflexão na matriz energética, rumo à conservação de baixa entropia, sendo este momento a última subseção desta seção.

### 4.1 Iniciativas Brasileiras de Alteração da Matriz Energética

O meio de transporte privado mais utilizado são veículos de médio e pequeno porte movidos a motores de combustão interna, em realidade distante do ideal em eficiência termodinâmica. Como pontuado anteriormente, a trajetória econômica desde a SRI (Segunda Revolução Industrial), estruturou um sistema movido à combustíveis fósseis. Tamanha é a normalidade deste *design* que combustíveis líquidos de impacto ambiental reduzido são bem vistos pela sociedade, independente do impacto agregado da degradação entrópica representada pela combustão de qualquer matéria (renovável ou não), da viabilidade econômico-financeira e das implicações sociais. O Brasil, país tropical de vasto território e reservas hídricas, têm potencialidades para cultivo de culturas que possam servir de matéria-prima para produção de combustíveis líquidos substitutos, totais ou não, aos

de origem fóssil. O esforço histórico do país nesse caminho, muito em vista a evitar desequilíbrios na balança comercial com a importação de petróleo, é representado pelos programas públicos de incentivo à produção de álcool combustível e biodiesel. O ideal, em termos termodinâmicos e objeto de análise pormenorizado neste trabalho, é a geração de força a partir da energia solar em pequena escala, o que poderia levar o sistema a uma nova normalidade, uma inflexão no *design* dominante. Assim, a análise os casos brasileiros é feita com a ressalva de que, mesmo que sejam programas bem sucedidos, trilham um caminho não ideal, pois seus produtos implicam em degradação entrópica, em contraponto à energia solar.

Em análise histórica, motores à combustão interna movidos por combustível de origem não fóssil não são novidade. Em 1900, a companhia francesa Otto, levou à feira mundial de Paris um motor a diesel sem modificação operando com óleo de amendoim cru. Entende-se que a utilização de óleos vegetais não teve continuidade neste momento pelos baixos preços do petróleo no mercado mundial (SUGAWARA, 2012). Os primeiros motores desenvolvidos para gasolina, ao final do século XIX, já podiam ser alimentados por álcool etílico ou mistura deste e gasolina. O revolucionário Ford T, de 1908, era *flexfuel* (alimentado por álcool e gasolina, ou qualquer mistura destes). A gasolina se tornou o combustível comum também por questões de mercado. Investimentos fortes para superar a dependência fóssil foram postos apenas após os choques do petróleo da década de 1970, sendo que os Estados nacionais passaram a ter políticas de incentivo ao desenvolvimento dos setores internos de opções a estes (GORREN, 2009). A análise dos programas brasileiros de incentivo à produção de álcool e biodiesel que segue situa-se sobre suas implicações, considerando os objetivos inicialmente vislumbrados.

#### **4.1.2 Incentivo à Produção de Álcool Combustível**

O Brasil possui o mais antigo programa público de álcool combustível do mundo, sendo o segundo maior produtor e maior exportador mundial. Em 2008 o país produziu 37% do álcool combustível do mundo, com utilização de 1% das terras agricultáveis do seu território. Desde 1997 a gasolina comum (sem aditivos) comercializada no Brasil possui proporções superiores a 20% de álcool anidro (com menos de 0,5% de água), sendo que a produção em larga escala de veículos *flexfuel* justifica o crescimento de produção de álcool hidratado (até 5% de água),

utilizado nos *flexfuel*, superior ao de anidro (GORREN, 2009). No Brasil os veículos podem utilizar unicamente álcool, diferente de outros países em que o percentual máximo é de 85% na mistura com gasolina (Alemanha e EUA), em razão das baixas temperaturas em algumas regiões. Quanto à variável ambiental, observa-se que a emissão de gases causadores do efeito estufa é reduzida de 70% a 90% na utilização do etanol de cana-de-açúcar em motores de combustão interna, em comparação à gasolina. Essa redução de emissões de gases nocivos é menor para etanol de outros vegetais, como milho e beterraba (KOHLHEPP, 2010).

O início do incentivo estatal para produção de álcool combustível remonta a década de 1930. A intensão inicial da política de produção de álcool foi a defesa do setor sucroalcooleiro, pois este não tinha mercado à sua elevada produção de açúcar. A produção de etanol proveniente da cana de açúcar passa a ser isenta de impostos em todos os níveis de arrecadação, com cotas por produtor controladas pelo IAA (Instituto do Açúcar e Álcool) e distribuição realizada pelo próprio governo (no Sudeste brasileiro). O álcool anidro era comercializado como substituto à gasolina, alimentando motores sem adaptações. Neste período já consta um desequilíbrio causado pelas isenções aplicadas sobre parte do setor, pois no Nordeste situavam-se os engenhos de açúcar, enquanto que no Sudeste estavam a maioria das destilarias, além de mais capital à disposição para investimentos em outras. Quando havia excesso de produção de cana de açúcar o governo adquiria o açúcar proveniente por preços reduzidos, sendo que o álcool produzido teria aplicação como combustível a preços melhores que o açúcar (FREITAS, 2013). Desta forma os engenhos adquiriam menos renda como a regulação do que as destilarias, motivo pelo qual a disparidade dentro do setor fez acumular riquezas no Sudeste. Os senhores de engenhos nordestinos foram, aos poucos, se transformando em fornecedores de cana-de-açúcar às usinas do Sudeste que, gradualmente, se tornaram capazes de produzir tanto açúcar quanto álcool combustível.

Após a II Guerra Mundial, os preços do petróleo cedem ao ponto do programa gerido pelo IAA tornar-se obsoleto. O mundo em reconstrução demandava mais açúcar do Brasil, escoando a produção. Mais tarde, na década de 1970, o cenário muda: os choques do petróleo trazem consigo a necessidade do país diminuir importações petrolíferas, assim como dar vazão à produção açucareira, pois o período de crise arrefeceu sua demanda. Sob estas condições foi estabelecido o

PNA (Programa Nacional do Álcool) ou Proálcool, em 1975 (FREITAS, 2013). Segundo Biodieselbr (2015) a primeira fase do programa foi dedicada ao incentivo à produção de álcool anidro, passando de 600 milhões de litros em 1975 para 3,4 bilhões de litros em 1980, sendo que os primeiros veículos movidos exclusivamente ao combustível datam de 1978. A década de 1980 foi de afirmação do programa com início da mistura compulsória à gasolina comum (5%). Já a década 1990 foi de regressão do programa, pois os preços do petróleo voltaram a ceder, além da abertura comercial do Brasil, trazendo veículos importados projetados para diesel ou gasolina. Apenas em meados da década de 1990 o álcool volta a figurar como opção real à gasolina, a partir de melhorias técnicas (produção de álcool hidratado além do anidro), aumento na razão de mistura compulsória de álcool anidro à gasolina na ordem de 22% a 25% (atualmente a gasolina comum tem 27% de álcool anidro), além de incentivos diretos ao setor sucroalcooleiro, com isenções fiscais e linhas de crédito para financiamentos. O novo milênio trouxe veículos *flexfuel*, em 2003, fazendo com que, em pouco tempo, metade das vendas de carros novos no Brasil fossem deste tipo de motores.

No Brasil o álcool combustível produzido é o etanol, proveniente da destilação da cana-de-açúcar, porém em outros países se utilizam outras culturas menos eficientes, pois clima e solo não são propícios à cana. A cana-de-açúcar possui elevado teor de açúcares simples, rendendo até 6.800 litros de álcool por hectare. Nos EUA se utiliza milho, produzindo 3.100 litros por hectare, em processo mais custoso, pois os açúcares presentes são mais complexos. Na Alemanha se utiliza beterraba, rendendo 5.500 litros por hectare (GORREN, 2009). A cana-de-açúcar tem baixo custo de produção no Brasil, cerca de US\$ 200/TON, e o processo de produção de etanol difere do açúcar após a obtenção do suco da planta, sendo que este pode ser fermentado, resultando em etanol, ou refinado para obtenção de açúcar (BIODIESELBR, 2015). A produtividade agrícola da cana-de-açúcar tem eficiência suficiente para descartar a necessidade de subsídios diretos, diferente de realidades estrangeiras (EUA e Alemanha), em que a produção é viabilizada dessa forma (GORREN, 2009). A grande vantagem do setor brasileiro é a flexibilidade na oferta e no consumo, pois as usinas decidem qual produto produzir (açúcar ou etanol) conforme a condição do mercado. Em 2011 o setor sucroalcooleiro brasileiro contava com 437 unidades produtivas, sendo que 253 eram mistas, ou seja, podiam produzir tanto açúcar quanto etanol (ALEGRETTI; FARIA, 2012).

Embora o Proálcool seja bem sucedido no desenvolvimento do setor sucroalcooleiro do país, fazendo deste menos vulnerável às oscilações mundiais dos preços do açúcar e na oferta ao mercado de um combustível renovável menos poluente do que a gasolina, há questões que pesam contra sua eficácia. Preocupação mundial com a concorrência na destinação da matéria-prima cana-de-açúcar, considerando que o país é importante supridor de açúcar do mercado mundial; desconfiança quanto à sustentabilidade ambiental da produção, pois esta poderia estar avançando sobre as florestas naturais; limitação da mistura de etanol anidro à gasolina, sob pena de causar danos na frota nacional de veículos movidos unicamente à gasolina; e inviabilidade financeira do uso do etanol hidratado em veículos *flexfuel* ao longo do território nacional são pontos a considerar.

A política de mistura de álcool à gasolina tem impacto direto sobre a produção de açúcar, assim como o potencial de exportação do etanol brasileiro, haja visto que este é considerado altamente competitivo, ou seja, há concorrência na destinação da matéria-prima cana-de-açúcar no Brasil. Os preços internacionais do açúcar e internos do etanol mostram correlação positiva, superior à correlação entre volume e preço dos produtos, em análise realizada entre os anos de 2002 e 2011 (ALEGRETTI; FARIA, 2012). Há duas vias de possível causação: os percentuais de mistura de álcool à gasolina aumentam no Brasil, elevando o preço do álcool (maior demanda), migrando matéria-prima antes destinada ao açúcar para o etanol; ou os preços internacionais do açúcar elevam-se por questões mercadológicas, aumentando a oferta deste produto, ocasionando menor destinação de matéria-prima à produção de álcool, aumentando seu preço, haja visto que a demanda compulsória é estável. Embora haja vasto território agrícola a ser explorado no Brasil, uma elevação de grandes proporções na demanda por etanol pode significar o encolhimento do mercado mundial do açúcar com elevação de preços. Este possível cenário preocupa nações que não têm produção interna de açúcar.

Segundo Kohlhepp (2010), os EUA e a União Europeia têm políticas públicas que preveem a mistura de álcool anidro à gasolina, aumentando à medida que houver oferta do combustível, para reduzir pressão sobre o meio ambiente. O Brasil seria grande parceiro no cumprimento das metas, pois tem potencial de elevar sua produção. Porém, as nações visam desenvolver seus próprios setores de produção de etanol, pois o combustível brasileiro é visto como potencial destruidor das florestas naturais, o que causaria mais problemas ambientais e sociais. Parte da

desconfiança é justificada pelos movimentos dos anos 1980, em que houve grande expansão da área de plantio de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, motivada pelos incentivos governamentais para desenvolver o setor sucroalcooleiro (fase de afirmação do Proálcool). Nesta época, usineiros passam a arrendar terras de pequenos proprietários, antes utilizadas também na produção de alimentos, para o plantio da cana, exaurindo os solos em poucos anos e, posteriormente, comprando as terras por baixo valor. Superado esse desequilíbrio, a fronteira de produção de cana-de-açúcar se desloca em direção ao Centro-Oeste, região de elevado potencial para o agronegócio. As florestas naturais do país não são, atualmente, pressionadas pelo cultivo da cana, a expansão de produção se dá para outras áreas (clima propício). Assim, tem-se que a não importação de etanol brasileiro por países que querem aumentar a mistura de álcool à gasolina tem motivações políticas.

O setor automotivo brasileiro preocupa-se frente aos percentuais de mistura de etanol anidro à gasolina comum. A partir de março de 2015 o percentual de mistura passou a ser de 27%. A ANFAVEA (Associação dos Fabricantes de Veículos) indica que os motores projetados para mover-se à gasolina tem no percentual anterior de mistura (25%) um limite de utilização, pois embora o etanol anidro possa alimentar estes motores, isto significa corrosão acelerada do sistema. Embora mais de 90% dos veículos licenciados no Brasil em 2014 seja *flexfuel*, que não são impactados pela mistura, a frota nacional é composta por 50% de veículos movidos unicamente a gasolina (G1, 2015). Este ponto demonstra intervenção estatal no setor, com consequências diretas sobre ativos privados. A elevação do percentual de mistura, motivada por defesa setorial ou pressão ambiental, obriga a utilização de veículos em condições aquém da especificação dos fabricantes, levando a custos de manutenção ou mesmo necessidade de aquisição de veículos novos. A frota nacional não é adaptável a cada mudança de ordem legal, restando aos agentes arcar com maiores custos de manutenção e encolhimento da vida útil de seus veículos.

Conforme discutido neste trabalho, nenhuma mudança proposta pelo Estado será efetivada pelos agentes caso estes não obtenham benefício factível na aplicação da mudança, indicado como ganho financeiro. Reside nesta afirmação a base da mais importante controvérsia quanto ao sucesso do Proálcool, pois embora haja eficiência na produção do etanol e no cumprimento das diretivas de mistura, não há viabilidade financeira que leve os proprietários de veículos *flexfuel* a optar

pelo álcool na maior parte do território do brasileiro. O rendimento do álcool hidratado nos motores *flexfuel* é de 70% da gasolina, assim, para que seja financeiramente viável, o preço do álcool deve ser até 70% do preço da gasolina (G1, 2015). Se o preço do álcool representar menos de 70% do da gasolina, agentes terão motivação objetiva para sua utilização, permitindo que a frota nacional de veículos privados ponha menos pressão sobre o meio ambiente. A ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) tem um sistema de acesso público em que consta acompanhamento semanal de preços de combustíveis praticados em todo o território nacional. A Tabela 1 utiliza a ferramenta da ANP para verificar a razão percentual do preço do litro do álcool sobre o preço do litro da gasolina nas 27 unidades federativas do país, em preços médios para o mês de julho de 2015.

**Tabela 1 - Razão de preços: álcool/gasolina (média do mês de julho de 2015)**

UF	R\$/L Gasolina	R\$/L Álcool	% Álc./Gas.
Mato Grosso	3,372	2,010	59,6%
São Paulo	3,109	1,926	61,9%
Goiás	3,303	2,128	64,4%
Minas Gerais	3,350	2,190	65,4%
Paraná	3,200	2,120	66,3%
Mato Grosso do Sul	3,206	2,209	68,9%
Pernambuco	3,437	2,476	72,0%
Bahia	3,471	2,502	72,1%
Tocantins	3,488	2,593	74,3%
Paraíba	3,184	2,373	74,5%
Rio de Janeiro	3,511	2,637	75,1%
Rondônia	3,591	2,731	76,1%
Rio Grande do Sul	3,341	2,560	76,6%
Alagoas	3,370	2,595	77,0%
Distrito Federal	3,522	2,714	77,1%
Amazonas	3,572	2,754	77,1%
Ceará	3,393	2,617	77,1%
Sergipe	3,355	2,619	78,1%
Amapá	3,286	2,568	78,1%
Santa Catarina	3,206	2,507	78,2%
Acre	3,812	3,043	79,8%
Rio Grande do Norte	3,304	2,648	80,1%
Espírito Santo	3,406	2,765	81,2%
Maranhão	3,270	2,666	81,5%
Pará	3,535	2,888	81,7%
Piauí	3,214	2,635	82,0%
Roraima	3,534	3,018	85,4%

Fonte: ANP (2015).

A análise da Tabela 1 indica que das 27 unidades da federação, apenas em seis (as primeiras da lista), abastecer veículos *flexfuel* com álcool é financeiramente viável, sendo que estes estados situam-se no eixo São Paulo/Centro-Oeste, que localizam a produção de cana-de-açúcar, e alguns de seus limítrofes. A análise é simples, mas permite a afirmação de que o Proálcool, advindo da década de 1930, com seu antecessor gerido pelo IAA, não oferece à sociedade uma forma viável, do ponto de vista financeiro, de amenizar o dano causado pela queima de combustíveis fósseis no transporte privado. A escolha racional do agente o leva a comprar gasolina em 78% das unidades federativas do Brasil. A defesa do setor



sucroalcooleiro, da flutuação dos preços internacionais do açúcar, continua a ser possível, haja visto que basta uma alteração normativa da ANP, como a posta em março de 2015, para oferecer destinação à produção excedente de cana-de-açúcar. A intervenção estatal no setor do álcool leva os ofertantes à busca de atendimento às premissas necessárias para adquirir os benefícios da regulação, sejam diretos ou indiretos. Impõem-se perdas, sobre a sociedade, para viabilizar privilégios a determinados setores (AREND, 2001), sendo o incentivo à produção de álcool combustível no Brasil caso em que misturas compulsórias à gasolina obrigam a sociedade a efetivar a demanda pelo combustível. A gestão do Proálcool transfere renda da sociedade para o setor sucroalcooleiro, haja visto que foi necessária a adaptação da frota nacional para atendimento à mistura legal de álcool à gasolina, ou seja, os consumidores, forçosamente, permitem que o setor sucroalcooleiro possa destinar todo excedente de cana-de-açúcar para produção de etanol.

#### **4.1.3 Programas Públicos de Incentivo à Produção de Biodiesel**

O biodiesel é produzido através de processo químico chamado transesterificação, em que óleos vegetais ou animais são expostos ao contato de álcool etílico (etanol ou metanol) e um catalisador, com reação química de cerca de 6 horas, resultando em biodiesel e glicerinas e permitindo recuperação parcial do álcool inicialmente aplicado. A partir de 1.000 kg de óleo, 500 kg de etanol e 20 kg de catalizador obtêm-se 1.052 kg de biodiesel, 105 kg de glicerina e recupera-se 343 kg de álcool (SUGAWARA, 2012). No Brasil, se produz biodiesel basicamente com óleo de soja, pois esta cultura está presente em todas as regiões do país. Porém, em nível de produtividade, outras culturas são mais eficientes, pois a soja rende 400 litros de biodiesel por hectare, enquanto a mamona rende 705 e a palmeira de dendê 5.000 litros (KOHLHEPP, 2010). O processo de produção se dá, no Brasil, em grande parte com a utilização de metanol (álcool obtido a partir do milho ou gás natural), pois este insumo facilita a separação do biodiesel da glicerina, resultando em menor custo em comparação ao etanol (SILVA *et al.*, 2014). Na produção baseada em soja e metanol residem os principais pontos contrários ao sucesso dos esforços empreendidos pelo governo para incentivar a produção do biodiesel.

A nível mundial, nações e grupos têm, a partir de 2003, políticas agressivas de produção e uso de biodiesel. Segundo Azevedo e Pereira (2013) na UE (União Europeia), desde 2004 o diesel convencional é composto de 5% de biodiesel, sendo que plantações que se destinam à produção de insumos ao combustível podem avançar sobre parte da reserva legal de terras sem cultivo. Na Alemanha concede-se isenções fiscais ao biodiesel e a mistura legal é de 8% ao diesel convencional desde 2009. Nos EUA desde 2004 há incentivo direto, com pagamento de US\$ 1/galão para produtores de biodiesel de origem vegetal e US\$ 0,50/galão para o de origem em óleos residuais e sebo (cada galão corresponde a aproximadamente 3,78 litros). A experiência destes países expõe a não viabilidade na produção, pois esta não consegue concorrer com o diesel convencional ao ponto de tornar-se substituto a este, dependendo de subsídios estatais para manter-se ativa. Corroborando a afirmação o caso alemão, pois o biodiesel passou a ter taxaço gradual de 2007 até 2012, até equiparar-se aos impostos incidentes sobre o diesel convencional, sendo o efeito disso a falência de muitos produtores e a ociosidade de 85% da capacidade produtiva da nação em 2009. Esta dinâmica também pode ser percebida no Brasil, quando se analisa o histórico e atualidade do PNPB (Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel).

O PNPB foi lançado ao final de 2004, pelo governo federal do Brasil, não privilegiando a origem do óleo base do combustível, na lógica de respeitar as características e possibilidades produtivas de cada região do país. O controle de especificações físico-químicas ficou a cargo da ANP (SUGAWARA, 2012). O programa tem grandes ambições sociais, como geração de emprego e renda e manutenção de famílias no campo, inclusive com a criação do selo Combustível Social, que reduz carga tributária de empresas de produção de biodiesel que adquirem matérias-primas de agricultores familiares. A concessão do selo necessita que parte dos insumos à produção seja adquirida de agricultores cadastrados no Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar. O PNPB foi lançado com propaganda direcionada aos objetivos sociais que carregava, pois tinha como principal bandeira o fomento à agricultura familiar que seria a supridora de matéria-prima à indústria. O assunto foi tratado em 24 discursos presidenciais de pauta única pelo então presidente Lula (de 2004 a 2010), que vendia o Brasil no exterior como o país dos biocombustíveis, afirmando que pequenos agricultores poderiam “plantar” energia com culturas simples, como a mamona (AZEVEDO; PEREIRA, 2013).

O biodiesel é miscível com o diesel convencional, sendo que no Brasil há legislação obrigando venda de diesel B5, ou seja, 5% de biodiesel em cada litro de diesel comercializado, sem necessidade de adaptação de motores, haja visto a similaridade física dos combustíveis. A mistura é compulsória, no mesmo modelo da mistura de etanol anidro à gasolina. Misturas diversas do previsto em lei não são autorizadas no território nacional, bem como a utilização única de biodiesel (SUGAWARA, 2012). A ANP realiza leilões de compra de biodiesel, obrigando à participação de entidades que sejam, ao mesmo tempo, importadoras e produtoras de petróleo e com participação superior a 1% mercado nacional, condição atendida apenas pela Petrobras e sua subsidiária Refap (AZEVEDO; PEREIRA, 2013). Dessa forma, o governo se utiliza da estatal para permitir a operacionalidade do programa, além de lhe garantir o papel de único ofertante de biodiesel às outras distribuidoras do país, pois este só pode ser comercializado nos leilões da ANP.

Os repasses estatais de recursos no PNPB foram direcionados para Universidades e Institutos de pesquisa, que empreenderam projetos de tecnologia e instalação de unidades piloto de produção. Porém, isto não representou estruturação de sistemas de produção de oleaginosas nas regiões foco para agricultura familiar (Norte e Nordeste). Há clara tendência de instalação de usinas produtoras próximo a regiões em que o agronegócio de *commodities* é realizado. Houve muitas ações para viabilizar a produção de biodiesel no país, como mistura compulsória ao diesel convencional, isenções fiscais, linhas de financiamento para instituições de pesquisa (AZEVEDO; PEREIRA, 2013). Porém o que se tem hoje é um setor concentrado em regiões produtoras de *commodities*, operando com tecnologias importadas e custos de produção que inviabilizam a concorrência com o diesel convencional. Embora o biodiesel possa ser obtido por um leque amplo de óleos vegetais e de gordura animal, a produção nacional se utiliza basicamente de soja, que melhor responde à necessidade de produção (GORREN, 2009).

Há análises que questionam a efetividade das ambições do PNPB nos três enfoques que busca: social, econômico e ambiental. Na questão ambiental entende-se que há melhoria quanto à redução de emissões de gases nocivos na atmosfera, mas sem grande significação, pois a composição de 5% de biodiesel é pouco significativa em termos de redução de emissões na combustão. Na perspectiva econômica, comparando-se os preços do óleo de soja com o do petróleo no mercado mundial (a produção de biodiesel implica na renúncia à produção de óleo

de soja), tem-se que o país teve prejuízo (avaliação de 2004 a 2008), haja visto que o preços do óleo de soja foram sempre superiores aos do petróleo, ao contrário dos preços do biodiesel. Na perspectiva social situam-se os maiores desvios, pois apesar de levantada a bandeira de inclusão social e permanência no campo, a produção está baseada em soja e sebo (gordura bovina), sendo que estas atividades são vinculadas a grandes produtores nas regiões mais aptas do país à produção em larga escala (SUGAWARA, 2012).

A ANP elabora boletim mensal para difusão de informações acerca da produção de biodiesel no Brasil, sendo que a Tabela 2 refere-se às fontes de produção do combustível por região, com dados extraídos do boletim do mês de junho de 2015, onde verifica-se a dinâmica trazida pela análise, pois a base da produção, em todas as regiões do país é a soja.

**Tabela 2 - Percentual de utilização de fontes de produção de biodiesel no Brasil (julho de 2015)**

Matéria Prima	Participação por região (%)					Brasil
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	
Óleo de soja	63,86	77,79	91,23	59,91	75,64	80,79
Gordura bovina	3,35	15,79	7,53	39,04	20,92	15,84
Óleo de algodão	0,00	6,42	0,84	0,00	0,00	0,59
Outros materiais graxos	32,79	0,00	0,10	0,00	1,70	1,98
Óleo de fritura usado	0,00	0,00	0,16	1,05	0,30	0,29
Gordura de porco	0,00	0,00	0,06	0,00	1,44	0,51
Óleo de palma/dende	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fonte: ANP (2015).

A cultura da soja carrega consigo histórico e atualidade de desequilíbrios socioambientais. A partir da década de 1960 o cultivo de soja no Brasil passa a se deslocar do Rio Grande do Sul em direção ao oeste do Paraná, com a migração de colonos viabilizada por incentivos estatais e pelo baixo custo da terra, antes destinada ao cultivo do café. A continuidade desta dinâmica levou a produção a avançar pelos Estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, alterando a elite, antes pecuarista, da região. Em 2010, 27% da área de plantio de soja situava-se sobre a Amazônia Legal e os investimentos do governo em estrutura de escoamento

da produção no norte do país fazem dessa cultura ainda mais ameaçadora para áreas de florestas naturais, haja visto novas áreas de cultivo no Pará, Tocantins e Maranhão (KOHLHEPP, 2010). Em 2010 existiam 65 usinas de biodiesel no país e 17 delas concentravam 68% da capacidade nacional. Quanto a localização, 41% da capacidade estava instalada no Centro-Oeste, 25% no Sul e 17% no Sudeste. Ao Norte e Nordeste restam os 17% da capacidade de produção, sendo que menos de 1% dos insumos lá utilizados são advindos de agricultura familiar (AZEVEDO; PEREIRA, 2013).

A mistura compulsória de biodiesel ao diesel convencional desfavoreceu pequenos produtores, pois as elevadas quantidades requeridas pela a ANP fizeram a produção concentrar-se em grandes produtores que, logicamente, tendem a não se enquadrar nas condições iniciais do selo Combustível Social, pois são necessários elevados volumes de insumos. Desde 2004 as regras do selo passaram por 4 modificações, sempre desfavoráveis aos pequenos produtores, como flexibilização de leilões para participação de empresas sem certificação e redução do percentual de insumos advindos da agricultura familiar às certificadas (AZEVEDO; PEREIRA, 2013). A obrigatoriedade da mistura forçou a ANP a adquirir quantidades elevadas de biodiesel, sendo que a estrutura baseada em agricultura familiar não era capaz de suprir a demanda e, uma vez liberada a entrada de ofertantes que produzem a partir de culturas voltadas ao agronegócio, os pequenos agricultores foram sendo excluídos do mercado por falta de competitividade. Assim, a produção de biodiesel no Brasil se dá em sistemas voltados à exportação de *commodities* (soja e carne), distante do idealizado.

O uso do biodiesel, em substituição ao diesel convencional, representaria uma diminuição de 48% no monóxido de carbono resultante da combustão. Porém, este número ignora processos anteriores à queima, envolvidos em sua produção e logística (KOHLHEPP, 2010). Não há, dentro do escopo do PNPB, mecanismos que garantam que a cadeia do biodiesel opere de forma sustentável em perspectiva socioeconômica. A produção implica na importação de metanol, ou produção interna a partir de gás natural, e a composição do diesel comercializado com 5% de biodiesel não traz efeitos significativos de redução de emissão de gases nocivos ao meio-ambiente (AZEVEDO; PEREIRA, 2013). Assim, além do programa não oferecer ao mercado combustível com significativa redução de emissão de gases nocivos ao meio-ambiente, ainda utiliza-se de insumos importados ou fósseis,

representando ineficiência termodinâmica elevada. Da mesma forma que se constatou no caso do Próalcool, o PNPB também é instrumento de transferência de renda da sociedade para produtores de *commodities* de exportação, pois os recursos liberados pelo Estado e a mistura compulsória ao diesel convencional garantem a produtores de soja e carne (origem das fontes mais utilizadas), renda adicional a partir de seus produtos. O programa é objeto de propaganda política antes de ser estratégia de mitigação de impacto ambiental, pois apesar da dinâmica contrária à distribuição de renda, desde o lançamento do programa em 2004, este continuou a ser propagandeado pelo governo como bem sucedido no seu aspecto social até 2010.

#### **4.2 Mercado Elétrico Brasileiro**

O mercado de energia elétrica no Brasil passou por grandes transformações ao longo do tempo, sendo que apenas a partir da década de 1980, o Estado deixa de ser o principal fornecedor, tornando-se, aos poucos, regulador de estrutura com presença predominante de capital privado. As primeiras grandes regulações do mercado de energia elétrica no Brasil datam da década de 1930, em que o setor era dominado pelo capital estrangeiro. Nesta época o governo interrompe os processos de autorização de exploração de cursos de água, proíbe a aquisição de empresas do setor por concorrentes, extingue a cláusula ouro (as tarifas de energia eram corrigidas pela cotação do ouro) e altera a posse do potencial hidrelétrico dos rios, que era dos proprietários da terra e passa a ser do Estado. Até a década de 1940 a participação do Estado na geração de energia era inferior a 2%, mas com as regulações iniciadas e a relutância do setor privado em executar investimentos, haja visto a conjuntura do período (II Grande Guerra), a participação estatal foi expandida. Ao final da década de 1970 100% do capital das empresas do setor elétrico brasileiro era nacional, com predominância estatal, ou seja, 30 anos após a entrada do governo no setor, este passa a dominá-lo (ROSIM, 2008). Porém, esta década foi de desestruturação da economia brasileira, com elevação da dívida externa, prejudicando a expansão do mercado energético. As mudanças políticas da década de 1980 alteraram também a legislação setorial, dando margem à participação privada, que foi expandida a partir da década posterior.

Na década de 1980 o cenário era desfavorável ao controle estatal sobre o setor energético, pois a conjuntura era de estagnação econômica, hiperinflação, baixa captação de capital externo destinado setor real e subordinação da economia à decisões políticas. No início dos anos 1990 a situação se agrava, sendo que o setor passa a representar o gargalo econômico da nação, pois o país tinha fundamentos para retomar o crescimento econômico, mas este não poderia ocorrer sem elevação da oferta de energia elétrica (HIROTA, 2006). Porém, o setor, de controle estatal, não tinha capacidade financeira de investimento, além de seus preços serem utilizados como ferramenta para cumprimento de metas macroeconômicas (inflação). Em meados da década de 1990 o governo inicia a transferência do sistema elétrico nacional para a iniciativa privada, com a intensão de aumentar a oferta energética, permitindo a competição onde possível e exercendo a regulação onde necessária (JANUÁRIO, 2007).

Nos primeiros movimentos de alteração do mercado de energia elétrica, na segunda metade dos anos 1990, constam pontos importantes para entendimento da situação atual do setor. A primeira grande alteração é a criação da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) que é autarquia vinculada ao MME (Ministério de Minas e Energia), instituída em 1996, tendo objetivos na linha de mediação, regulação e controle tarifário do mercado energético, atuando com abrangência global neste. A criação da agência justifica-se pela necessidade de órgão focado e com capacidade técnica para normatizar setor em que o estado deixa de ser o único agente considerável. Os agentes privados recebem autorização para atuar em áreas específicas: geração, transmissão, distribuição, autoprodução, produção independente, comercialização e consumo livre (TAVARES, 2010). Cada área de atividade tem regulamentos específicos, sendo a de maior impacto na sociedade a atividade de distribuição, pois é a partir desta que o consumo privado é suprido em grande parte, sendo que os preços cobrados são regulados pela ANEEL.

A mesma legislação que institui a ANEEL promove a desverticalização do setor, abrindo este em produção, transmissão, distribuição e comercialização; o que gera incentivos à formação de novas empresas, com estruturas focadas em segmentos menores. Modifica legislação quanto às redes de transmissão de energia, dando acesso a elas a qualquer produtor através de pagamento de tarifa regulada (HIROTA, 2006). Permite a consumidores, já atendidos pelo sistema com consumo anual maior do que 10.000 kW e novos com consumo maior que 3.000 kW,

para comprar energia de qualquer fornecedor, desde que do mesmo subsistema (consumidores livres). Cria a figura do consumidor especial, que é aquele que tem demanda superior a 500 kW/ano, mas utiliza energia gerada em pequenas centrais hidrelétricas (até 30.000 kW) ou advindas de fontes alternativas (eólica ou biomassa); esta modalidade de consumo passou a pagar 50% das tarifas de transmissão e distribuição definidas pela ANEEL (JANUÁRIO, 2007). Os objetivos gerais do novo modelo de mercado são: promoção de isonomia tarifária, segurança na oferta energética, estabilidade legal para promoção de atratividade de investimentos e inserção social via universalização do acesso à energia elétrica (ROSIM, 2008). T tamanha alteração normativa demandou a criação de agente especial para garantir a liquidação e contabilização de contratos celebrados pelos agentes do setor, haja visto a especificidade do produto em questão, que é fluxo disposto em rede interligada, sem possibilidade de estocagem, em especial para o caso dos consumidores livres.

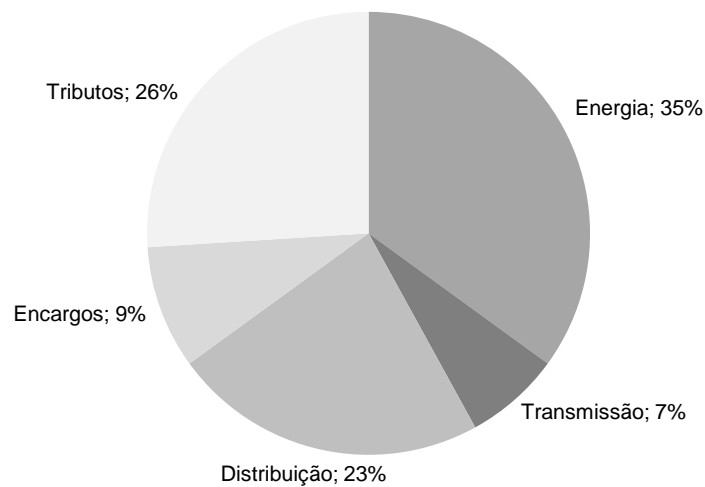
A primeira tentativa de criação de uma estrutura de contabilização e liquidação de compra e venda de energia elétrica não logrou sucesso. A ASMAE (Administradora de Serviços do Mercado Atacadista de Energia Elétrica), criada no ano 2000, não teve nenhuma contabilização de compra e venda de energia concluída, pois os agentes que a compunham tinham interesses conflitantes e não havia consenso quanto às regras a serem seguidas. Em 2002 a ANEEL reestrutura o sistema de contabilização, lhe dando nome de Mercado Atacadista de Energia, viabilizando suas operações a partir de um regime de regramentos estável. Apenas no ano de 2004 a instituição torna-se a CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica) com as atribuições atuais (JANUÁRIO, 2007). A CCEE compõe estrutura normativa e regulatória que tem ápice no MME (Ministério de Minas e Energia), passando pela ANEEL e ONS (Operador Nacional do Sistema), além de outros órgãos com funções especiais, como pesquisa e desenvolvimento do setor. O ONS é responsável pela administração do SIN (Sistema Interligado Nacional) que integra 98% da capacidade de geração do país. Apesar de ser órgão de direito privado (composto por agentes do mercado de energia) o MME tem direito de vetar decisões deste (TAVARES, 2010).

Na formulação da tarifa de energia elétrica cobrada de consumidores cativos, busca-se o equilíbrio econômico do setor por todo o território nacional, por esse motivo, a energia tem custos diversos conforme a região de concessão, pois custos



de geração, transmissão e distribuição diferem ao longo do país. A conta da energia paga pelo consumidor é composta, em valores aproximados, pelos itens indicados no Gráfico 1, que mostram que pouco mais que 1/3 do preço cobrado refere-se diretamente à geração de força, o que dá medida da potencial economia caso haja redução de consumo da energia suprida pela rede pública.

**Gráfico 1 - Composição da Conta de Energia Elétrica no Brasil**



Fonte: ANEEL, 2013.

O preço da geração de energia tem limite definido pela ANEEL na realização de leilões em que as distribuidoras adquirem energia para o setor de consumo cativo, sendo que este teto é definido com base em estimativas de custo médio de geração do sistema nacional que, sendo hidro e termelétrico em grande parte, não considera custos de geração por meio de fontes alternativas a estas (BRASIL, 2004). Assim, grandes ofertantes não têm incentivos mercadológicos à produção via eólica, solar, biomassa, etc., pois os custos de investimentos não aumentarão os preços de venda imediatamente, necessitando de alteração legal para tanto, algo inflexível no curto prazo. A dinâmica dos preços da energia, sempre corrigidos para cima, faz com que consumidores que necessitam de muita força, em específico na indústria, optem por deixar de consumir das distribuidoras, tornando-se agentes do mercado de energia. Esse movimento permite a negociação de preços diretamente com produtores, resultando em menor valor do que no modelo de consumo cativo (TAVARES, 2010).

O SIN é constituído, de forma predominante, por hidrelétricas, sendo que há grandes reservatórios espalhados por todo o país. Porém, ainda que haja ambiente propício à geração através da força da água, o sistema depende de regularidade de chuvas nos leitos e afluentes dos principais rios explorados, fazendo com que o país exponha-se a riscos de desabastecimento (TAVARES, 2010). Aproximadamente 65% da energia elétrica nacional é gerada em usinas hidrelétricas e 28% em termelétricas, sendo o restante (7%) suprido por instalações eólicas e por importações de energia. A rede de transmissão de energia do SIN é composta por mais de 100 mil quilômetros de extensão de fios, dividindo-se em quatro submercados: Norte, Nordeste, Sul e Centro-Oeste/Sudeste. Os contratos celebrados por consumidores livres são entre agentes de um mesmo submercado (ANEEL, 2013). As linhas de transmissão são concedidas pelo prazo de 30 anos, sendo que a tarifa dos primeiros 15 anos de concessão, repassada aos consumidores, é o dobro da segunda metade da concessão, representando cerca de 7% do preço final da energia de consumo cativo. A lógica é viabilizar os investimentos iniciais e manter remuneração atrativa após o resgate destes. A gestão de déficits de força dentro dos submercados do SIN é gerida pelo ONS, que é empresa de direito privado, formada pelas empresas que operam as redes de transmissão do país. Quando um submercado tem déficits de força, há transferência de outro submercado, sendo que o ONS faz as devidas contabilizações para compensação em outros períodos (HIROTA, 2006).

O mercado livre de energia é ambiente em que o consumidor escolhe de qual agente comprar energia elétrica, negociando preços livremente com estes. É neste âmbito que atuam empresas que necessitam de muita força e, por isso, têm motivações para assumir os riscos de comprar energia em ambiente não regulado economicamente. A vantagem perceptível desta modalidade é a segregação de custo de energia, transporte, encargos setoriais e tributos, permitindo ao consumidor maior gestão sobre seus custos e ferramental à negociação de preços (TAVARES, 2010). O ambiente de suprimento a consumidores cativos tem regulação econômica e é neste que concessionárias de serviços públicos de distribuição formalizam contratos com a autoridade reguladora, com compra de energia pela menor tarifa. As distribuidoras de energia devem garantir a capacidade de atendimento de 100% do mercado assumido. Os leilões realizados para aquisição da energia a ser distribuída aos consumidores cativos têm três modalidades: energia existente, que se realiza do

ano anterior ao do fornecimento; energia nova e fontes alternativas, em que é realizada a venda de energia proveniente de tecnologias alternativas (exceto hidrelétrica, termelétrica e nuclear), com realização de três a cinco anos antes do fornecimento (ROSIM, 2008). Em ambos ambientes, mercado livre e de consumidores cativos, a CCEE é agente chave na garantia e operacionalização de contabilizações de consumo e liquidações financeiras.

A CCEE é pessoa jurídica de direito privado e assume papel de administradora da energia negociada dentro do SIN, no âmbito de consumidores livres e cativos, funcionando como uma câmara de contabilização e liquidação de contratos, sem fins lucrativos ou operações próprias (TAVARES, 2010). Participam da CCEE de forma obrigatória geradores de eletricidade, públicos e privados, com potência instalada superior a 50MW, distribuidores e transmissores com energia adquirida superior a 500 GWh/ano, consumidores livres (ROSIM, 2008) e autoprodutores, caso tenham capacidade instalada maior do que 50MW e se utilizem do SIN (JANUARIO, 2007). No âmbito da CCEE, atuam os seguintes agentes: geradores, com regulação técnica; transmissores e distribuidores, com regulação técnica e econômica; comercializadores, agente que compra e vende energia entre agentes sem regulação econômica; produtor, entidade licenciada pela ANEEL para gerar energia de forma individual ou consorciada para uso próprio podendo vender excedente por meio da CCEE no ambiente regulado economicamente; produtor independente, pessoa jurídica ou consórcio destas, que recebe autorização para produzir energia elétrica para comércio de total ou parcial do ambiente sem regulação econômica; e consumidores livres (TAVARES, 2010).

Quanto à diversificação da matriz energética brasileira, há projeto estatal desde a estruturação do novo modelo do mercado de energia. Segundo o MME (2015), em 2004 foi lançado o PROINFA (Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia Elétrica), com objetivo de elevar a participação de empreendimentos geradores com base em estruturas eólicas, de biomassa e pequenas centrais hidrelétricas. O projeto também traz objetivo além da geração de força, como a nacionalização mínima de 60% dos materiais utilizados nos empreendimentos, favorecendo a indústria nacional de base. O planejamento e definição de valor econômico de cada projeto é responsabilidade direta do MME, enquanto a execução e celebração de contratos para venda da energia é da Eletrobrás (empresa estatal de capital aberto). O custo de execução e operação

destes projetos é pago por todos os consumidores do SIN, mesmo que não haja consumo de empreendimentos realizados por intermédio do PROINFA. A cobrança é realizada sob a forma de encargo setorial na conta de energia, arrecadando, em 2013, R\$ 2,5 bilhões (ANEEL, 2015). Este tipo de busca de diversificação energética é contrário ao ambiente elaborado no corpo teórico do trabalho, pois é direcionado à execução de obras acima do nível privado, que não são realizadas por atratividade financeira. Além disso, o foco não está na melhor opção de geração de energia (solar), lidando com centrais hidrelétricas de pequena escala que, apesar do grande potencial nacional, tem consequências por vezes ignoradas.

Análises que indicam que o Brasil ainda tem amplo potencial hidrelétrico a ser explorado, mas a construção de barragens para acúmulo de água implica em elevado impacto ambiental, como o caso da bacia Amazônica que situa muitos rios com potencial de exploração. O relevo amazônico é relativamente plano, o que eleva muito o impacto dos projetos e, ainda mais importante, é a necessidade de extensão de linhas de transmissão entre a possível geração e os grandes centros de consumo. A transmissão de energia por longas distâncias além de resultar em muitas perdas, implica grande gasto de materiais, pois para garantir o suprimento com segurança é necessário que haja mais de uma via para cada ponto, estando sempre subutilizadas, pois uma vez atingido o pico de transmissão, elevar a geração não resulta em mais energia disponível (HIROTA, 2006). Eficiência elevada na utilização de energia elétrica é o modelo de microgeração, com consumo no mesmo ponto da produção, algo viável com o conceito elaborado na construção teórica, em especial na utilização de energia solar, mas também aplicável à energia eólica e outras fontes alternativas. Porém, no caso da energia eólica, todos empreendimentos necessitam, previamente, de estudo de impacto ambiental, seja completo ou simplificado, sendo liberados para operação apenas após a concessão de licença por órgão competente (BRASIL, 2014). Estudos de Impacto Ambiental são realizados por profissionais habilitados para tanto, fazendo esta forma de geração de energia restringir-se a projetos grandes o suficiente para diluir custos envolvidos no licenciamento. A próxima seção analisa o ambiente atual quanto às possibilidades de geração de energia solar em pequena escala para utilização privada, as possibilidades de oferta de excedente na rede pública e outros pontos relevantes.

### 4.3 Situação e Ambiente Institucional da Energia Solar

A utilização da energia solar para gerar energia elétrica tem efeito nulo em degradação entrópica e, conforme conceitos analisados na construção teórica realizada alhures, possui elevado potencial para ser o veículo principal de transformação na matriz energética. A mudança não deve se restringir ao que se toma por setor elétrico, mas avançar sobre setores em que a energia de fontes fósseis predomina, como nos transportes público e privado e nos processos logísticos em geral. Atualmente o nível de desenvolvimento da geração de energia por meio da radiação solar varia pelo mundo, conforme o ambiente institucional posto em cada país e, embora não haja situação que demonstre avançado grau de transformação da matriz energética para realidade diversa da baseada na degradação de materiais de baixa entropia, existem ambientes institucionais que propiciam condições favoráveis à evolução neste caminho. Esta seção do trabalho lida com a realidade brasileira, quanto às suas possibilidades atuais da energia solar, em comparação com a realidade de outras nações, buscando pontos de oportunidade que favoreçam o aproveitamento das potencialidades geográficas à energia solar. Além disso, este é o momento de ampliar o entendimento antes introduzido quanto ao processo de geração de energia elétrica com fonte no sol, pois as seções posteriores intencionam validade não apenas no campo teórico, mas também serem factíveis no mundo real.

A energia solar tem diversas aplicações possíveis além da geração de eletricidade, sendo que a mais disseminada em nível privado é o aquecimento de água para utilização residencial. O mesmo sistema também é aplicável em processos industriais, pois grande parte destes se utilizam de vapor à pressão reduzida, com temperatura abaixo de 250° C, em nível atingível por sistemas solares térmicos. Embora a instalação requiera investimento inicial considerável, ela traz benefícios factíveis em redução de dispêndio financeiro e não apresenta complexidades técnicas importantes, viabilizando amplamente sua utilização. O aquecimento solar de água pode reduzir significativamente picos de demanda por energia elétrica, considerando a ampla utilização de chuveiros elétricos em nível privado, e aliviar a pressão de atividades econômicas sobre o meio ambiente, seja em processos industriais ou na geração de eletricidade, quando queimam materiais de baixa entropia para obter energia primária a ser transformada em útil (AMBIENTE

BRASIL, 2015). Assim, embora a utilização do potencial térmico do sol, em atividades não relacionadas à geração de energia elétrica, não seja objeto deste trabalho, sua utilização vem ao encontro da construção empreendida, pois faz uso de energia solar disposta sobre o planeta, economizando baixa entropia.

A geração de corrente elétrica a partir da luz do sol pode ser realizada de duas formas. A primeira delas é a produção de fluxo elétrico pelo contato de material com capacidade fotoelétrica com a radiação eletromagnética do sol, como o silício ou ligas sintéticas. Estes materiais são dispostos em placas chamadas de fotovoltaicas que, quando encadeadas, produzem corrente suficiente para gerar trabalho útil. O princípio fotoelétrico foi descoberto ao final do século XIX e explicado por Albert Einstein no início do século XX, em artigo que lhe rendeu prêmio Nobel de Física. A tecnologia é amplamente utilizada em satélites, espaçonaves e estações espaciais, mas também tem aplicação facilitada em terra. O sistema é capaz de produzir energia elétrica mesmo em dias nublados, pois a radiação solar não é contida pelas nuvens (LAMARCA JÚNIOR, 2012). Os questionamentos básicos à forma de geração são relacionados ao fato desta utilizar-se de mineral não disponível isolado de outros na natureza, quanto ao tempo de operação do sistema sem substituição de componentes e a necessidade de manutenção das placas. O silício é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, formando cerca de 27% dela e, embora não seja encontrado de forma isolada, compõe grande parte das rochas, areias e solos do mundo (MUNDO EDUCAÇÃO, 2015). Os sistemas atualmente disponíveis de geração de energia solar têm vida útil de 25 a 30 anos, sendo que após este período as placas perdem grande parte do potencial gerador. Quanto à manutenção, a necessidade é bastante reduzida, bastando o acompanhamento de performance geradora e a verificação visual dos painéis solares: áreas de sombreamento podem surgir com a construção de edificações próximas e pode haver acúmulo de material sobre os painéis mas, como a instalação se faz com inclinações, para incidência perpendicular dos raios solares, a chuva tende a ser suficiente para limpeza dos painéis por longos períodos (AMÉRICAS DO SOL, 2015).

A segunda forma de geração de eletricidade via energia solar baseia-se em conversão indireta, em que a energia solar é transformada em calor para depois ser convertida em eletricidade. Este tipo de instalação resume-se a uma série de espelhos, móveis ou fixos, que refletem a luz do sol para um ponto fixo, a energia

concentrada aquece um fluido que libera vapor a alta pressão, movendo uma turbina geradora. Para atender toda demanda de energia elétrica do planeta seria necessário explorar 0,4% do potencial global deste tipo de geração (desertos e outras áreas potenciais) e, caso se objetive atender a todas as necessidades energéticas do mundo, em nível de força requerida, seria necessário utilizar 2,8% do potencial de geração indireta do globo (LAMARCA JÚNIOR, 2012). Estas afirmações vêm ao encontro da construção teórica elaborada, quanto às disponibilidades energéticas solares no planeta, porém de encontro ao caminho introduzido como viável para alteração da matriz energética, sendo que esta deveria partir do nível privado. A exploração do potencial por conversão indireta teria que ser empreendida por agentes com elevada capacidade de investimento, seja o governo ou grandes corporações, não aplicável, portanto, a este trabalho.

O Brasil possui posição geográfica muito propícia à utilização da energia solar em todo seu território. A título de comparação, a Alemanha, país em que a geração fotovoltaica tem razoável desenvolvimento, possui regiões de insolação (tempo de incidência de luz solar) máxima em níveis inferiores à mínima observada em todo território brasileiro (AFONSO, 2012). Assim como em diversos países, no Brasil, a utilização de placas fotovoltaicas teve início em pontos isolados do território, não atendidos pelo SIN (Sistema Interligado Nacional), principalmente na região Norte do país, o que vem permitindo a aposentadoria de geradores movidos a diesel, em especial a partir de 2003, com o lançamento do Programa Nacional de Universalização do Acesso à Energia Elétrica (LAMARCA JÚNIOR, 2012). Porém, apesar de realizar função importante no sistema elétrico, a situação e crescimento da energia fotovoltaica no Brasil, vai na contramão da tendência mundial. De 2004 a 2009 a energia solar é a fonte de eletricidade com maior expansão de capacidade instalada no mundo, mas, contrário à lógica, 91% da capacidade situa-se em países com baixos níveis de insolação (NOGUEIRA, 2011). Embora as potencialidades brasileiras ao investimento em energia solar sejam de fácil compreensão, as estratégias para garantia de suprimento concentram-se em hidrelétricas, deixando a geração fotovoltaica à margem do investimento governamental direto, o que pode ser concluído observando os mecanismos legais que suportam a geração de eletricidade por fontes alternativas.

É de ciência do governo brasileiro que a geração de energia elétrica a partir de hidrelétricas de grande porte já tem elevado grau de desenvolvimento tecnológico, sendo que, a partir deste estágio, as melhorias tendem a ser incrementais, indicando que não há espaço para grandes ganhos de eficiência. Assim, linhas de pesquisa em outras fontes, ou produção em pequenas hidrelétricas, passaram a ser empreendidas para formar potencial futuro de suprimento (NOGUEIRA, 2011). Desde 2004, a legislação brasileira trata o conceito de disposição de energia em rede por produtores independentes, classificando a atividade como Geração Distribuidora, contemplando sistemas hidrelétricos de pequeno porte (até 30 MW), eólicos, térmicos movidos à biomassa ou sistemas mistos destas tecnologias. A contratação da energia gerada nesta modalidade se dá diretamente pelo agente distribuir que opera a rede do local. O consumidor livre que se utiliza da energia gerada neste modelo tem desconto de 50% no custo de transmissão e distribuição de força (AFONSO, 2012). Além da geração em pequena escala, a ANEEL promove leilões de energia gerada por fontes renováveis (exceto hidrelétrica de grande porte), em que existe o mesmo benefício de custo na transmissão e distribuição. Estes leilões vêm possibilitando a implantação de parques eólicos de grande porte no país (NOGUEIRA, 2011). O modelo de incentivo às formas de produção descritas beneficia uma classe de consumidores à custa de outra, que paga o percentual descontado (consumidores cativos). Porém, mais grave que esta transmissão de renda, é o fato desta legislação não prever a geração fotovoltaica, sendo que esta foi objeto de esforço político apenas a partir de 2008.

Ao final de 2008 foi criado, no âmbito do MME (Ministério de Minas e Energia), o Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos, para formulação de proposta de política que viabilizasse a geração de energia fotovoltaica ligada à rede, principalmente utilizando telhados de edificações urbanas, visando a utilização de local com poucas alternativas de utilização (baixo custo de oportunidade). Em paralelo, o Ministério da Ciência e Tecnologia empreendeu estudo para viabilizar a produção de placas de silício para aplicação na geração de energia elétrica dentro do país. Destes estudos resultou a definição de que o incentivo do governo deveria ser na modalidade tarifa-prêmio, em que o elevado custo de investimento na geração fotovoltaica é compensado pelo pagamento de preços acima da média pelo agente adquirente (TORRES, 2012). As sugestões do grupo de trabalho objetivavam um programa grande o suficiente para incentivar o



mercado a desenvolver-se, mas pequeno de modo que os custos de geração de energia não se elevassem de forma global ao nível de impactar significativamente nos preços pagos pela sociedade. Mais a frente consta análise de algumas políticas de outras nações voltadas à energia solar, em que se percebe qual a origem das sugestões do grupo de trabalho. Porém, as legislações aplicadas após os estudos não seguiram as sugestões realizadas, criando um sistema de compensação de força disponibilizada pela efetivamente consumida.

Segundo a ANEEL (2014) o sistema de compensação de energia elétrica foi instituído via instrução normativa em 2012, criando o conceito de mini e microgeração distribuída (até 1MW de capacidade instalada, limitado por capacidade de recebimento de força da rede de distribuição), permitindo que a energia gerada por instalações de fonte solar, eólica, hidráulica ou biomassa, não consumida no ponto de geração, seja disposta na rede pública, gerando créditos que serão compensados pelo consumo efetivo. Caso tenha sido injetado na rede mais energia do que o consumido dentro do mês, os créditos poderão ser compensados em até 36 meses, com a possibilidade de compensação em outros pontos de propriedade do mesmo agente. Mantem-se, invariavelmente, a cobrança do custo de disponibilidade da energia para o ponto, equivalente a 30, 50 ou 100 kWh, dependendo da modalidade de consumo, ou a correspondência à demanda contratada, para consumidores industriais. Além disso, há incidência de impostos sobre o total consumido da rede pública, ignorando qualquer conceito de compensação instituído pelo órgão regulador, pois este não tem ação sobre a incidência de tributos. O INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) inspeciona e certifica sistemas de geração de energia fotovoltaica comercializados no Brasil, atestando sua conformidade com normas e legislações nacionais e validando a possibilidade dos componentes operarem no sistema de compensação (TORRES, 2012).

A rotina de ligação de mini e microgeradores à rede pública têm obrigações do interessado e da distribuidora que atua na região, sendo que qualquer questão não resolvida entre as partes deve ser levada à ouvidora da ANEEL que garante a aplicação dos dispositivos legais (AMÉRICAS DO SOL, 2015). A caracterização de mini ou microgeração distribuída se dá após a ligação à rede pública. As etapas a serem cumpridas para ligação podem ser resumidas aos seguintes tópicos (ANEEL, 2014):

- a) Requerimento formal por parte do consumidor interessado à distribuidora atuante da região, contendo descrição técnica do projeto gerador, dentro das normas definidas pela ANEEL (instruções normativas);
- b) Emissão de parecer, por parte da distribuidora, em até 30 dias, com instruções e necessidades a serem atendidas pelo interessado, para viabilizar a ligação à rede de forma segura e estável;
- c) Após adequação solicitada o interessado convoca a distribuidora para inspeção, que tem 30 dias para efetuar e mais 15 dias para emitir parecer de aprovação ou de novas solicitações;
- d) Cumprida a fase de adequação, a distribuidora tem sete dias para efetuar a ligação à rede, cobrando do interessado o custo dispendido com instalação de medidores de duas vias (eventual manutenção e seus custos ficarão a cargo da distribuidora);
- e) Deve ser efetuada a formalização de contrato de geração distribuída de força entre as partes, para viabilizar o sistema de compensação no modelo normatizado pela ANEEL.

O sistema criado não prevê a venda da energia disposta em rede, mas sim sua compensação ao prazo de até 36 meses, tendo o objetivo de incentivar consumidores a gerar a energia que demandam sem impactar na estrutura atual do mercado elétrico brasileiro. Esta estratégia pode ser entendida como forma de não inviabilizar o cumprimento de contratos de geração já celebrados com grandes fornecedores, haja visto a extensão normal destes (superior a 10 anos). O interessado em gerar eletricidade deve instalar capacidade não superior à sua demanda anual por força, pois os créditos têm validade fixa. Uma instalação sobre projetada significa um investimento mal dimensionado que levará mais tempo do que o necessário para retorno de capital.

A trajetória de utilização da energia solar para geração de eletricidade parte de incentivos à pesquisa e desenvolvimento, visando atingir ponto em que esta possa competir livremente no mercado com outras fontes. Intermediária aos extremos existe a fase de inserção incentivada no mercado, com benefícios à produção e ao consumo, depois com políticas de cotas de consumo compulsório das fontes objetivas, retirando-se os benefícios diretos, mas apenas quando os custos não representarem ônus que diminuam a eficiência econômica das atividades produtivas (NOGUEIRA, 2011). É possível traçar paralelo com a situação atual da

energia solar no Brasil, que estaria iniciando a fase de inserção no mercado, ainda dependente de benefícios diretos para incentivar sua utilização. A nível mundial há várias iniciativas governamentais para incentivar a produção de energia com fontes de reduzido impacto ambiental, não específicas à energia solar. As formas de incentivo observadas podem ser reduzidas a nível conceitual, conforme indicado no Quadro 1.

**Quadro 1 - Incentivos Públicos à Geração de Energia Elétrica por Fontes Renováveis**

<b>Tipo de incentivo</b>	<b>Estratégia geral</b>
Tarifa-prêmio	O nível de investimento elevado, em comparação às demais tecnologias de geração é compensado por preço regulado.
Padrão de portfólio de energias renováveis	Os fornecedores de energia elétrica ficam obrigados a manterem percentual de participação de fontes renováveis na sua geração. Geralmente vinculado à possibilidade de compensação via certificados gerados por terceiros.
Créditos em impostos	Isenção de tributos para empreendimentos de geração de energia com fontes renováveis, ou aplicáveis diretamente a consumidores (abatimentos no Imposto de Renda).
Subsídios diretos de capital	Pagamentos diretos a geradores de energia conforme capacidade instalada ou produção entregue.
Programas de investimento com recursos públicos	Criação de linhas de financiamento dedicadas à energia renovável, com fundos adquiridos via tributos, ou investimento estatal direto.
<i>Net metering</i>	Agentes privados podem gerar eletricidade em pequena escala para uso próprio e disponibilizar o excedente na rede pública compensando o consumo efetivo (modelo utilizado no Brasil para energia fotovoltaica).

Fonte: Lamarca Júnior (2012).

A estratégia de tarifa-prêmio é a mais utilizada para incentivar a diversificação da matriz energética em torno do mundo, iniciando em 1987, nos EUA, e tendo em 2012, 88 nações utilizando políticas relacionadas à compensação via preço (LAMARCA JÚNIOR, 2012). Algumas situações internacionais são pertinentes à análise, para exemplificar o quanto o Brasil tem a percorrer para diversificação da sua matriz energética e quais os possíveis caminhos. A estratificação do trabalho empreendido por Afonso (2012), com foco na Alemanha, Espanha e China, serve ao fim de comparação.

Na Alemanha a primeira crise do petróleo, nos anos 1970, e o acidente nuclear de Chernobyl, na década de 1980, trouxeram a sociedade à reflexão sobre a matriz energética da nação, que era baseada em termelétricas movidas a carvão e

usinas nucleares. Ainda na década de 1980 surgem programas de pesquisa de fontes alternativas, sobretudo eólica e solar fotovoltaica, com a estratégia de formar capacidade tecnológica no setor. Já no início dos anos 1990 surgem políticas de tarifa-prêmio para geração renovável, com recursos advindos de encargos sobre o restante da energia comercializada. Até o final dos anos 1990 o sistema de geração renovável alemão evoluiu bastante, permitindo que qualquer agente privado se tornasse produtor de energia fotovoltaica, pois as distribuidoras de energia se tornaram obrigadas a comprar a energia disposta na rede a preço normatizado. Estima-se que os investimentos privados alemães neste modelo tenham *Payback* (tempo retorno do capital investido) de 10 a 12 anos, sendo que o custo adicional pago pelos consumidores, para financiar a tarifa-prêmio, importa em cerca de 5% do custo final. A partir dos anos 2000 a tarifa-prêmio passou a variar conforme a quantidade de energia disposta em rede, além de declinar gradualmente, incentivando a eficiência econômica no setor. O sucesso da energia solar na Alemanha é verificado pelo status referente ao ano de 2012, em que a capacidade instalada era de 32 GW (suficiente para abastecer mais de 8 milhões de residências, ou 5% da necessidade total do país), com 1,3 milhões de sistemas privados conectados à rede pública de distribuição (DEUTSCHE WELLE, 2013).

Porém, na União Europeia foi a Espanha o primeiro país a inserir a energia fotovoltaica em seu mercado, em meados na década de 1980, através de tarifa-prêmio para projetos de grande escala. Já na década de 1990 ocorre a permissão para ligação à rede para sistemas privados, mas sem definição de tarifa a ser praticada, o que impediu o crescimento do setor. Esta lacuna foi resolvida a partir de 2004, ano em que a tarifa foi normatizada em prazos que garantiram retorno aos investimentos. Entretanto, o setor elétrico do país sofreu com instabilidades advindas da geração fotovoltaica até 2009, pois a tarifa-prêmio implicou em aumento expressivo de empreendimentos de grande escala, com pouca utilização no segmento foco (residências). O contexto econômico europeu, após a crise 2008, tornou o investimento em geração solar muito atrativo para agentes que retiravam recursos do sistema financeiro. Esta dinâmica foi potencializada pelas tecnologias modulares disponíveis do mercado espanhol, advindas da Alemanha ou China, que possibilitavam a construção de “hortas solares” com venda da produção garantida. Para corrigir o desequilíbrio houve, em 2009, redução da tarifa-prêmio para projetos de solo e aumento desta para utilização de telhados de edificações. Em 2012 o

governo suspendeu inscrição de novos projetos na política de pagamento de tarifa-prêmio, pois as metas de participação estabelecidas em 2009 haviam sido extrapoladas, gerando déficit tarifário que passou a onerar o Estado.

Outro país de destaque na utilização da energia solar é a China, que possui elevada capacidade de produção de componentes à geração fotovoltaica, tendo metas arrojadas no segmento (50 GW de capacidade instalada até 2020). No oeste do país o governo incentiva empreendimentos de grande escala, comprando a energia produzida por tarifa-prêmio, sendo que esta é destinada à exportação. Já no leste, incentiva a aplicação em nível privado, com subsídio do investimento inicial e possibilidade de compensação de consumo com disposição na rede pública. Estima-se que o mercado chinês fotovoltaico tenha acréscimos de 2 GW de capacidade instalada por ano. Neste país, há legislação em vigor a partir de 2003, que permite dedução de imposto de renda sobre investimentos relacionados à geração de energia por fontes renováveis. Em 2007 a política foi ampliada para reduzir impostos incidentes sobre a importação de equipamentos necessários à geração por fontes renováveis e sobre o consumo elétrico de fontes renováveis (LAMARCA JÚNIOR, 2011). É possível concluir que o incentivo à importação de componentes de geração energética tem forte relação com a atual capacidade de produção chinesa de painéis fotovoltaicos e outras tecnologias de produção com fontes renovável, haja visto a cultura do país de incentivar a engenharia reversa para aumentar a diversificação do seu parque industrial.

Até o momento os textos apresentados após o referencial teórico dão medida da situação atual das estratégias de diversificação da matriz energética, com foco na energia solar fotovoltaica na última elaboração. Embora constem momentos de crítica, esta será realizada com profundidade na próxima seção, que vai utilizar a construção teórica realizada para analisar a realidade destacada. A intensão de condensar crítica às realidades abordadas (biocombustíveis líquidos, setor elétrico brasileiro e ambiente da energia fotovoltaica no Brasil e no mundo) está em acordo com o objetivo geral do trabalho, que é entender em que ponto a sociedade se situa quanto às possibilidades de alteração na matriz energética, não restrita ao segmento elétrico, mas à matriz como um todo, pois ela entrega o mesmo tipo de serviço à economia: trabalho útil. Produtos que geram utilidade através da combustão de baixa entropia, seja de materiais fósseis ou renováveis, obtêm energia de forma indireta, pois algo é queimado para utilização do calor advindo. Já a corrente elétrica

pode ser entendida como uma forma mais depurada de energia, pois o fluxo elétrico é convertido diretamente em trabalho, sem a necessidade de etapas intermediárias, como a combustão. Por este motivo a alteração lógica, considerando o viés de eficiência entrópica, é promover alterações que levem a matriz energética a basear-se na energia elétrica gerada por fontes renováveis, sendo possível a alteração caso as estratégias não ignorem lógicas simples que levam os agentes à ação.

#### **4.4 Crítica às Realidades e Ambientes Expostos**

As realidades abordadas na subseção **4.1 Iniciativas Brasileiras de Alteração na Matriz Energética** indicam que o Brasil possui ações propositadas para alteração da matriz energética. Ainda que os resultados obtidos dessas experiências não sejam adequados à sociedade ou meio ambiente, os projetos de combustíveis líquidos com fonte não fóssil permitem que ações em outras tecnologias sejam baseadas em experiências dentro do território brasileiro e não apenas na experiência internacional. Porém, antes de voltar vistas ao ambiente institucional, se propício ou não à atividade empresarial, é importante entender, dentro do viés entrópico proposto na elaboração teórica, a não aplicabilidade dos combustíveis líquidos renováveis como peça central na transformação da matriz energética, bem como o que a visão histórica das tentativas de transformações nos padrões energéticos indica sobre eles. Feito isto, a centralidade da utilização da energia solar, já antes indicada, fica resolvida, cabendo à construção de ambiente que viabilize alterações na matriz energética versar sobre esta tecnologia.

##### **4.4.1 Não Aplicabilidade dos Combustíveis Líquidos Renováveis como Solução à Problemática**

A insistência em buscar modificações nos combustíveis líquidos, para que tornem-se menos poluentes, carrega viés pré-histórico, pois desde que o homem passa a dominar o fogo ele se utiliza de energia desprendida de materiais de baixa entropia pela sua combustão, da mesma forma que nos combustíveis líquidos, seja qual for sua origem. O grande problema vinculado é que o calor é a forma mais degradada de energia, pois se dissipa no ambiente, ainda que parcialmente como nos motores de combustão interna, representando perda de potencial energético

(CECHIN, 2008). Trazendo a PRI (Primeira Revolução Industrial) à análise, a partir dos conceitos já analisados, tem-se que esta teve como principal caráter revolucionário a relativa dissociação do homem das forças da natureza, considerando que as quedas da água e tração animal foram substituídas por máquinas a vapor movidas a carvão mineral. A utilização do carvão só foi intensificada quando as florestas já não podiam mais oferecer lenha suficiente à produção, ou seja, não houve revolução na forma de utilização da energia; da mesma forma que na SRI (Segunda Revolução Industrial), em que a atividade econômica é expandida com um novo combustível: líquidos advindos do petróleo. Nos dois episódios a sociedade tem alterado a fonte de calor conforme a inviabilidade de manutenção da anterior atinge a economia de forma considerável, travando sua expansão por instabilidades na oferta. Com os combustíveis líquidos de fonte renovável faz-se um caminho de retorno relativo à maior dependência humana das forças naturais, haja visto que envolve-se a variável produção agrícola na elaboração destes, trazendo dúvidas importantes sobre o potencial de expansão das culturas ao nível requerido de combustíveis na atualidade.

O público tende a aceitar qualquer serviço que indique redução de emissão de gases poluentes, sem a necessidade de entender o quão impactante é a redução, alimentando a expansão de atividades que, além de outros desvios, não têm grande significado no alívio da pressão das atividades humanas sobre o meio ambiente. Não há revolução quando se fala em combustíveis líquidos renováveis. Há apenas adaptação do padrão econômico às novas demandas sociais, haja visto o grande apelo mundial por conservação ambiental. Este apelo tem servido aos estados nacionais como justificativa de investimentos direcionados aos combustíveis líquidos, mas em perspectiva histórica, surge outro ponto a considerar. Países que controlavam grandes reservas de combustíveis fósseis foram grandes potências econômicas, desde Inglaterra com o carvão até EUA e China com o petróleo, à exceção do Oriente Médio em que as instituições vigentes levaram à concentração de renda em uma parcela muito pequena da sociedade. Os investimentos em combustíveis renováveis verificados em torno do mundo, em geral com fechamento dos mercados a importações de outros países, sugerem que as nações buscam oportunidades de gerar riquezas elevadas em futuro próximo, considerando que, assim como na PRI e SRI, haverá alteração nas fontes de calor, mas não no modo de utilização da energia.

A concepção de gerar energia por meio de combustíveis líquidos de fonte renovável relaciona-se estreitamente com o paradigma econômico do fluxo circular, pois a palavra “renovável” subentende que o consumo destes não significa perda material irremediável, uma vez que ele pode ser produzido e não apenas extraído, como petróleo ou carvão. Porém, a concepção de produção renovável fere o princípio entrópico aplicável a todo o universo, pois estando este em constante evolução, cada ação gera alterações qualitativas que impedem que se retorne a algum ponto passado (PRIGOGINE, 1996). Nenhum tipo de geração energética que se utilize de alguma fonte material como supridora de força primária pode ser renovável em absoluto, pois baixa entropia está sendo degradada na utilização, além dos processos envolvidos até esta etapa. Analisando especificamente os combustíveis líquidos considerados renováveis, estes são advindos de culturas agrícolas que a cada ciclo de cultivo se utilizam de materiais que não poderão ser recompostos, como fertilizantes e agroquímicos, sejam baseados na química do petróleo ou em extração de mineral de outra região, implicando também em processos logísticos, operação de maquinário e utilização de implementos gerais que também significam degradação entrópica. A visão entrópica indica, para os combustíveis líquidos, que estes são opção menos ineficiente aos fósseis, mas, como estes, têm ineficiências irremediáveis, representando estágio de transição na matriz energética, mas não a solução à pressão exercida sobre o meio ambiente.

#### **4.4.2 Propiciação do Ambiente à Função Empresarial**

A análise construída nesta subseção considera que a realidade econômica estrutura-se tal como conceituado pela NEI (Nova Economia Institucional), ou seja, permeada por instituições que alteram as relações entre agentes, ao mesmo tempo em que por eles são alteradas (FARINA; AZEVEDO; SAES, 1997). Esta concepção vem ao encontro do processo de mercado, pois este obra em realidade mutável inserida em ambiente complexo e regido por instituições formais e informais. O ferramental utilizado para formar crítica é diretamente oriundo do referencial teórico, sendo possível a divisão em quatro grandes grupos. Promoção de ambiente estável, abrangendo conceitos da NEI, representados por North (1990) e Acemoglu e Robinson (2012), na configuração de condições amigáveis ao processo de mercado. Função empresarial, buscando entender quando ela pode ocorrer e por quais



motivos sua existência é indispensável, com fonte em Kirzner (2012), Hazlitt (2015), Soto (2010) e Hayek (1985). Ação humana, permitindo o entendimento de como agentes reagem à modificações no horizonte de atividades que podem realizar, a partir da abordagem de Mises (2010). E entropia, nos conceitos desenvolvidos por Georgescu-Roegen (2005), como complemento aos conceitos econômicos. Estas quatro subdivisões estão vinculadas umas às outras, pois representam perspectivas diversas do sistema que se visualiza, ora focando nível privado, ora o ambiente macro que o cerca, e se utiliza ainda de outros autores para sustentação argumentativa. O objetivo de trilhar este caminho é entender a realidade na sua complexidade. Visualizar qualquer nível de forma isolada resulta em parcialidade elevada, algo a ser evitado para construção de análise válida no nível de abrangência empreendido, situando-se sobre todo o mercado energético. A crítica inicia pela análise das experiências com combustíveis líquidos, passando ao mercado elétrico e à energia solar, em que se situa o ponto focal para introduzir solução ao problema central do trabalho.

O histórico das políticas voltadas à produção de álcool combustível no Brasil serve ao entendimento da evolução qualitativa de instituições extrativistas, conforme conceituado por Acemoglu e Robinson (2012) que, depois de criadas, dão a agentes meios de influenciar o ambiente institucional, levando-os a buscar manutenção do *status* adquirido. Entende-se que as primeiras políticas voltadas ao incentivo da produção de álcool foram instituídas como forma de dar destino à produção de cana-de-açúcar, ainda nos anos 1930, sendo que este setor tinha importância estratégica à nação, pois nesta época o país não tinha setor industrial desenvolvido. Quando criam-se os primeiros incentivos, agentes passam a ter rendimentos vinculados à eles, concentrando riquezas e tornando-os influentes para direcionar a estruturação das instituições legais, levando à tendência de manutenção do *status quo*. Considerando que os incentivos iniciam-se com isenção de impostos, passando por misturas compulsórias de 5% à gasolina convencional e chegando ao nível de 27%, pode ser visualizado que as instituições que extraem renda da sociedade e a repassam ao setor sucroalcooleiro não recuaram desde a sua criação, concentrando cada vez mais renda em benefício dos ofertantes. Porém, ainda que se possa apontar culpados, não há motivos para subentender perversidade nas ações privadas daqueles que recebem a renda transferida, pois a estes é oferecido um meio de satisfazer suas necessidades a partir do um ativo que possuem (terra) e

uma cultura que têm capacidade de produzir (cana de açúcar). Agentes não têm capacidade de medir benefícios ou malefícios que não são capazes de racionar, pois buscam satisfazer suas necessidades privadas, utilizando os melhores meios que dispõem (MISES, 2010). O entendimento das premissas que movem o agente à ação e da racionalidade limitada ao alcance do seu horizonte de percepção, isentam este de julgamentos de valor.

A análise das políticas voltadas à produção de biodiesel no Brasil traz resultados semelhantes aos da produção de álcool combustível, ou seja, há transferência de renda da sociedade para uma classe de ofertantes, em linha com o argumento de Arend (2001). Porém, existem outros componentes que tornam pontuais os desvios identificados, considerando que o lançamento do programa é relativamente atual, oriundo de 2004, e demonstra objetivos políticos. A produção nacional de biodiesel foi instrumento de propaganda política, como observado quanto à presença do assunto em discursos presidenciais de pauta única, assim, é possível indicar que o governo usou de instrumentos aptos para garantir oferta rápida de biodiesel no mercado, dando base à sua argumentação. Essa ação rápida veio sob a forma de normativas que exigiram a mistura compulsória ao diesel convencional, ignorando a capacidade dos ofertantes focais (baseados em insumos da agricultura familiar) de atender o montante requerido, impedindo que esses pudessem desenvolver eficiência econômica gradualmente, descobrindo e criando informação (SOTO, 2010). A ação estatal, com intensão diretiva no mercado, configurou instituição extrativista (ACEMOGLU; ROBINSON, 2012), transferindo renda da sociedade a produtores de *commodities* voltados ao agronegócio, pois a atratividade financeira e elevada demanda trouxeram agentes de elevado poder de investimento ao setor. A atividade empresarial, que forma o processo de mercado (KIRZNER, 2012), não poderia dar resposta no tempo necessário para sustentação do argumento político do governo.

Os desvios que a experiência do álcool indica ter composto em décadas de estruturação institucional, os movimentos agressivos do Estado fizeram em menos de uma para o biodiesel. Se o caso de biodiesel indica o que não fazer, ou seja, ações que busquem justificar argumentos políticos, o caso do álcool traz ressalvas acerca do que pode significar legar a agentes elevada capacidade de influenciar as instituições, por meio da transferência continuada de renda. Para estes desvios o processo de mercado mostra-se como a melhor saída, pois seus fluxos levam a

atratividade de capital igualar-se às demais opções disponíveis aos agentes, quando há ambiente propício à função empresarial. Esta solução pode ser atingida através da promoção de ambiente legal estável, propício à iniciativa privada, que leva setores à busca de eficiência para captar lucros (HAYEK, 1985). Comparando a realidade das experiências do álcool e biodiesel com o mercado elétrico brasileiro, é possível afirmar que este é mais propício à função empresarial, pois suas instituições legais demonstram evolução nas últimas décadas, em direção à atratividade de operações privadas. Porém, as barreiras formadas pelas instituições legais, para permitir uma inflexão da matriz energética rumo à melhoria em perspectiva entrópica, demonstra tendência à manutenção do *status quo* deste mercado, em linha com North (1990), quando pauta que as instituições são direcionadas por agentes influentes do meio político, que buscam manter as estruturas que lhes são benéficas.

O mercado elétrico brasileiro demonstra, no período que vai da década de 1940 até a de 1970, exemplo de trajetória de estruturação institucional voltada à prevalência do Estado que resulta em situação insustentável, fazendo do setor um gargalo da nação ao final da década de 1980 e meados da de 1990. O histórico considerado capta que o Estado agiu buscando incentivar a atividade econômica, oferecendo mais energia para sustentar expansão da capacidade industrial a partir da década de 1930, mas seus esforços foram conduzidos de tal forma que retiraram atratividade do setor para a iniciativa privada. As ações do governo impediram, até os anos 1990, que agentes privados atuassem no mercado de energia elétrica, bloqueando tacitamente a função empresarial. O mercado não pôde evoluir qualitativamente durante a escalada da participação estatal, sendo que isto seria possível a partir do processo de mercado, em que a fluência de informações, ainda que desconexas e parciais, instiga agentes à função empresarial (KIRZNER, 2012).

Neste processo histórico, a estatização concentrou as decisões setoriais no governo, que passou por instabilidades fortes no período, haja visto o golpe militar nos anos 1960 e o processo de redemocratização do país na segunda metade da década de 1980. O ambiente político instável formou desincentivo à iniciativa privada no mercado elétrico, além disso, o nível de investimento requerido, frente ao potencial ganho, também constituiu barreira ao investimento. Quando superam-se instabilidades políticas e econômicas, na segunda metade dos anos 1990, o país volta a ter fundamentos que justifiquem expansão econômica, que não poderia vir

sem oferta energética. A entrada do setor privado no lado da oferta é identificada pelo Estado como estratégia necessária para prover segurança energética ao sistema, sendo incentivada a partir da segunda metade da década de 1990 com a criação da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica).

A criação da ANEEL representou marco para retomada da atividade empresarial no mercado de energia elétrica, pois a agência dedicada ao setor tem capacidade técnica, poder normativo e estratégia de alterar o mercado para prover segurança energética. Normas passam a conter mais embasamento técnico do que anteriormente, pois movimentos do governo, mais próximos ao poder executivo, tendem à ação política. Esta agência significou uma aproximação do ambiente estável tal como conceituado por Hayek (1985), permitindo segurança de investimento ao nível privado. Já nos primeiros movimentos da ANEEL, ao final da década 1990, constam alterações importantes, como a normatização de atuação de agentes privados em áreas específicas do setor, o que configura incentivo à ação empresarial, pois os investimentos requeridos para ofertar energia ou serviços do setor elétrico tornam-se mais atrativos em nível financeiro e menos complicados em nível técnico. A abertura do mercado, ainda que mantida regulação econômica em muitos pontos, permite a estruturação de empresas de diversos tamanhos, que passam a ter importância cada vez maior no suprimento de energia no SIN (Sistema Interligado Nacional). As alterações positivas no mercado elétrico referem-se a eventos como: desverticalização do setor, acesso às redes de distribuição e transmissão ao alcance do agente, criação do consumidor livre e de agente de contabilização e liquidação financeira de contratos.

Mesmo havendo excessiva burocracia no mercado energético, bloqueando a dinamicidade requerida para livre função empresarial e processo de mercado, é necessário admitir que, após os anos 2000, este mercado suporta a relação impessoal entre agentes, tomando como exemplo a atividade do consumidor livre, sendo que esta modalidade representa instituição inclusiva (ACEMOGLU; ROBINSON, 2012), haja visto que permite a concorrência mercadológica em um nicho de mercado, incentivando a busca constante da eficiência. Nesta modalidade de consumo, consumidores de grande porte podem escolher qual agente produtor lhe fornecerá energia, implicando na formalização de contratos bilaterais. Além de garantir segurança na relação entre as partes, a formalização de contratos serve de exemplo às outras transações, criando informação nova que poderá influenciar

instituições por emergência de informação, em linha com a ideia de causação trazida na construção teórica, em que o ambiente institucional é influenciado pelo mercado ao mesmo tempo em que o influencia. Porém, embora este cenário possa ser identificado como baseado em instituições inclusivas, ele possui barreiras institucionais à mudança na direção da eficiência entrópica.

O Brasil é referência mundial em energia renovável, porém a geração desta implica em problemas quando se considera o viés entrópico para pesar eficiência. Perdas de potencial elétrico ocasionadas pela extensão de redes de transmissão por longas distâncias, entre a geração e o consumo, e gasto de baixa entropia, considerando a elevada necessidade de materiais metálicos nas redes e componentes, dão medida da ineficiência do sistema. Embora seja a energia elétrica gerada a partir do sol a opção mais eficiente, haja visto o aumento zero em degradação entrópica (GEORGESCU-ROEGEN, 2005) e economia de baixa entropia com a aplicação de geração junto ao ponto de consumo; há barreiras bloqueando inflexão para este caminho. O fato do SIN suprir-se basicamente de instalações hidrelétricas indica existência de barreira implícita a ser vencida na alteração da matriz energética, pois investimentos em outras fontes são legados ao nível de pesquisa ou viabilizados por incentivo estatal direto. O histórico de estruturação do meio de produção de energia adquire relevância, levando o ambiente institucional a sustentar sua manutenção, mesmo com os desvios apontados na visão entrópica. Esta perspectiva afirma o conceito de *path dependence* de North (1990) que, em linhas gerais, indica que retornos crescentes de uma tecnologia pode tornar ótima uma escolha que não seja a mais eficiente. As estratégias públicas para diversificação da matriz energética no país levam ao entendimento, a partir da sua inadequação, do quanto o quadro institucional atual promove a manutenção do *status quo*.

O programa de diversificação da matriz de energia elétrica, destacado na seção dedicada ao mercado elétrico brasileiro, foi o PROINFA (Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia Elétrica), que não tem objetivos voltados à formação de mercado privado, mas sim à captação de recursos para linhas dedicadas. Estes recursos são destinados para empreendimentos geradores com fontes alternativas à hidrelétrica, sobretudo eólica, e não prevê investimento em estruturas de geração com fonte no sol. Este programa representa instituição extrativista (ACEMOGLU; ROBINSON, 2012), pois a renda está sendo expropriada

de todos os consumidores do SIN via encargo setorial, sendo destinada ao financiamento de determinados empreendimentos que, em razão do porte, implicam nos mesmos problemas relativos à entropia verificados na geração hidrelétrica. Desvio semelhante se observa na atividade classificada como Geração Distribuída, que abrange instalações de pequeno porte, em especial centrais hidrelétricas, com contratação direta pela concessionária distribuidora na região. Neste caso, a transferência se dá indiretamente, pois os agentes que compram energia destas instalações têm desconto de 50% no custo de transmissão e distribuição, sendo que este benefício é compensado pelos outros consumidores. Considerando que apenas consumidores livres podem escolher de qual fornecedor comprar energia, o custo adicional, para compensar o desconto concedido, é cobrado dos consumidores cativos.

Estas iniciativas de diversificação representam ação diretiva do governo no setor de fontes alternativas, o que impede a evolução qualitativa do mercado. Esta ação disponibiliza informações exatas sob as melhores formas de alocação de capital aos empresários, excluindo a necessidade de descoberta e criação de informação, sendo que isto permite que agentes de elevado poderio econômico aproveitem a oportunidade em detrimento dos demais, levando ao processo de concentração de renda. Desta forma, o processo de mercado, conceituado por Kirzner (2012) não pode ocorrer, pois as normativas indicam quais investimentos devem ser realizados para captura das rendas que advirão indiretamente de encargos setoriais, excluindo completamente a atividade empresarial. Este ambiente também é contrário ao argumento de Hayek (1985), que indica que normas devem assegurar condições favoráveis à atividade de qualquer agente (abrangência global) e pela sua afirmativa de que é a busca e aprendizagem constante do empresário no mercado que resulta na evolução deste como instituição econômica. Assim, o processo de mercado deveria ser o objetivo de legislações dedicadas à diversificação da matriz energética, sendo possível a partir da promoção de ambiente estável e abrangente, e não excludente de determinados agentes, como o consumidor cativo que, nos dois casos, perde renda para outros agentes do mercado elétrico.

No segmento de mercado cativo, em que se enquadra o consumo privado residencial e grande parte da indústria de pequeno e médio porte, opera-se tarifa regulada que limita a renda de fornecedores de energia e prestadores de serviço de

distribuição e transmissão. Não se faz necessário discutir a correção dos preços regulados neste nível, pois isto requereria discussão sobre as vantagens e desvantagens da concessão de monopólio no setor. Entretanto, este nível de consumo enquadra-se no programa de compensação de energia em rede, ainda que consumidores livres, que pelo porte têm mais potencial de investir em estruturas para gerar a energia que necessitam, não possam compensar em rede. Esta compensação é o incentivo estatal brasileiro para levar a matriz na direção da geração por energia solar, carregando características que bloqueiam a massificação da tecnologia. Seus desvios demonstram ignorância teórica, pela inadequação do ambiente institucional estruturado, e histórica, pois várias nações têm experiências consolidadas que deveriam servir de exemplo à aplicação nacional, algo que não se visualiza atualmente.

O Brasil tem elevado potencial para investimento em energia solar fotovoltaica em pequenas estruturas, pois o território possui níveis elevados de insolação e extensão que não justifica investimentos em grandes plantas geradoras, pois isto implica na necessidade de grande infraestrutura de transmissão e distribuição (AFONSO, 2012). A insistência em basear a garantia de energia em grandes instalações (sobretudo hidrelétricas) pode ser entendida sob o conceito de *path dependence* (North, 1990), que indica que o histórico de estruturação do setor de energia elétrica assume relevância determinante, constituindo barreira à inflexão. Além disso, é necessário considerar que as instituições derivam das interações sociais, o que indica que aqueles que se beneficiam do caminho que vem sendo trilhado farão o possível para o que o setor mantenha sua trajetória, via influência no meio político. Estes agentes buscam a satisfação das suas necessidades através dos meios que dispõem, em linha com o argumento de Mises (2010). Porém, quando exercem influência sobre o ambiente institucional, são capazes de distorcer os movimentos naturais do mercado. Esta lógica permanece válida quando se toma as normativas dirigidas às instalações fotovoltaicas e o sistema de compensação energética, pois configuram um tipo de incentivo fraco, em que o ambiente institucional não é suficiente para basear uma inflexão na matriz energética. A análise da trajetória brasileira e global da energia solar clarifica a afirmativa, dando percepção sobre o tamanho da barreira a ser vencida quando se pautam alterações significativas na matriz energética.

O Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos, criado em 2008 pelo governo brasileiro para estudar e formular propostas políticas para acelerar a geração de energia nesta modalidade no Brasil, concluiu que a tarifa-prêmio seria a melhor opção, em linha com a experiência internacional que indica seu sucesso. Porém, os dispositivos legais instituídos em 2012, que criam o conceito de mini e micro geração distribuída e tratam de compensação de energia em rede, indicam que pode ter havido interferência de agentes com poder de influência entre a proposição do grupo de trabalho e a formulação normativa. Outro ponto a considerar, este mais vinculado ao arcaísmo do mercado elétrico e das instituições do país, é que a incidência de tributos no sistema de compensação se dá pelo efetivamente consumido da rede. Assim, mesmo que o agente tenha disponibilizado em rede mais energia do que consumiu, gerando créditos para além do período considerado, ele pagará tributos sobre a força que requereu da rede nas horas em que não houve geração (durante a noite), desconsiderando a compensação. Mesmo que a conta mensal viesse com custo de consumo de energia nulo, haveria o custo dos tributos incidentes sobre a força requerida. Isto demonstra desalinhamento dentro do Estado, considerando as diversas esferas deste, o que fica claro com o ICMS (Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços), pois as unidades da federação, que retêm o imposto, não demonstram intensão de abrir mão deste mesmo que a política de compensação tenha objetivos de abrangência nacional.

Apesar dos desvios identificados no modelo de compensação, a burocracia criada para reger a rotina de adesão ao sistema tem características benéficas à construção de cenário estável à função empresarial, ao encontro do argumento de Hayek (1985). A ANEEL disponibiliza, em mídia de fácil acesso (internet), manuais para ligação de sistemas privados na rede pública, permitindo que agentes interessados tenham visão sobre dispositivos globalmente aplicáveis. Além disso, o programa está em acordo com a lógica de inserção da energia fotovoltaica em torno do mundo, iniciando por investimentos públicos em pesquisa para então ser inserida gradualmente no mercado (NOGUEIRA, 2011). Entretanto, é na forma da inserção incentivada realizada, por meio da compensação energética restrita a consumidores cativos, que situam-se problemas que tendem a trazer insucesso na disseminação da tecnologia. É necessário considerar que existem outras formas de incentivar a energia solar, além do dispositivo aplicado no Brasil, como observado em outras



nações que constroem ambientes mais incentivadores do que a fraca propensão à função empresarial. As interações entre as instituições, nos países que têm ambiente favorável à disseminação da energia solar, tendem a maior alinhamento do que no Brasil, o que exclui a possibilidade de reprodução de programas. Porém, isto não impede que comparações sejam feitas, visando adequação de políticas à realidade brasileira.

A estratégia de incentivo mais utilizada globalmente é a tarifa-prêmio, que demonstra ser a via mais adequada, desde que adaptada ao contexto brasileiro. O caso da Alemanha desponta como o mais interessante à análise, pois a necessidade de mudança parte da sociedade que, ao final da década de 1980, após os choques do petróleo, passa a pressionar o Estado a tomar o caminho da diversificação da matriz energética nacional. As políticas de tarifa-prêmio surgem ainda na década de 1990, abrangendo a todos agentes interessados, diverso do caso brasileiro, chegando a montante de geração significativo na primeira década dos anos 2000 e bastante considerável até 2012. Este sucesso decorre de a iniciativa alemã ter oferecido ambiente estável e propício à iniciativa privada em todos os níveis de consumo, ao encontro dos argumentos de Hayek (1985) e Kirzner (2012). Considerando a estabilidade e solidez da economia alemã, a atratividade de investimentos privados pode não servir para comparação direta com o Brasil, pois neste país o tempo médio de retorno de capital em investimentos de geração solar fica entre 10 e 12 anos (AFONSO, 2012), o que poderia inviabilizar investimentos em território brasileiro, haja visto que juros elevados implicam em maior custo de oportunidade do capital imobilizado. Porém, mesmo que haja sucesso na estruturação de base de geração com fonte no sol na Alemanha, ela não significou inflexão na matriz energética de forma global, tal como idealizado neste trabalho. Como os preços a serem pagos pela energia solar foram normatizados, não pôde ocorrer o processo de mercado, pois este tem neles a principal informação utilizada pela atividade empresarial (HAZLITT, 2015). Ainda que, a partir de 2000, o preço pago pela energia com fonte no sol passou a declinar conforme a quantidade gerada, seu valor continua a ser normatizado e, como tal, tende a ser defasado e exclui a troca de informações para determinação dos preços em processo social, tal como teorizado por Mises (2008).

Se o caso alemão dá medida do que fazer para inserir a tecnologia fotovoltaica no mercado, o espanhol indica o que a ação política objetivada pode acarretar, caso as condições macroeconômicas não comuniquem estabilidade no horizonte de ação aos agentes. Neste país, que foi primeiro a incentivar a energia solar no mercado energético, em meados da década de 1980, não houve investimentos consideráveis até 2004, por lacunas nas normativas que não definiam prazos e condições gerais nas relações entre partes. Após 2004, a solução das lacunas normativas incentivaram os investimentos em energia solar a tal ponto que provoca dificuldades na absorção da oferta de energia com fonte no sol, requerendo recursos adicionais do Estado para manter o programa de incentivo.

Em outros países europeus o quadro não se mostrou diferente. A crise de 2008 reduziu a atratividade de investimentos financeiros, migrando capitais para outras alternativas, sendo que no caso da espanhol, estruturas de geração fotovoltaica indicavam segurança no retorno de investimento. A garantia de atratividade econômico-financeira em tempo de crise gerou déficit tarifário, resultando em custos adicionais a serem pagos pela sociedade. Pode ser entendido que as políticas espanholas dirigiram o mercado de energia solar, excluindo a possibilidade do processo de mercado levar a atratividade de investimentos a se igualar a outras opções, o que impediria o fluxo de capital ocorrido. Políticas são fixas em horizonte temporal em que o mercado pode vir a transformar-se completamente, por esta razão elas devem estabelecer critérios básicos, sem determinar questões mercadológicas como preços (HAYEK, 1985). Caso contrário, a informação do mercado estará defasada, como a lei tende a estar, haja visto que ela carrega naturalmente componente arcaico, advindo do fato de ser construída muito mais voltada à correção de desvios passados do que para antecipar condições futuras.

O contexto observado na China é mais aderente à capacidade produtiva do país do que às estratégias políticas aplicadas, embora haja políticas de incentivos direcionadas ao nível privado via abatimentos de impostos. A China demonstra a intensão de ser a fornecedora prioritária de componentes à energia solar para o mundo. Este processo inclui a estruturação do uso da tecnologia em seu território, mas não, necessariamente, visando diversificação da matriz energética, haja visto que a lógica é voltada à continuidade do processo de expansão da capacidade industrial. Este caso não pode ser tomado como espelho para o Brasil, considerando

o desnível de capacidade produtiva na comparação entre os países, bem como a intensão trabalhada sobre a utilização da energia solar.

A crítica formada nesta seção dá base à formulação de ambiente institucional e ações a serem empreendidas para que a energia solar fotovoltaica no Brasil possa levar à inflexão na matriz energética. Ao efetuar a desconstrução da situação atual com contraponto na construção teórica realizada, em nível nacional e internacional, a estruturação de cenário propício à atividade empresarial pode trabalhar com adequação de estratégias, preenchimento de lacunas e ressalvas a possíveis problemas. Porém, antes de empreender esta atividade, é interessante visualizar o que as políticas atualmente vigentes no Brasil significam em nível de retorno de capital sobre os investimentos, principalmente para o tipo de agente indicado como protagonista da mudança: empresas industriais. Assim, a próxima seção traz uma simulação de tempo de retorno de capital para investimento em energia solar para uma empresa privada da indústria de transformação primária, com projeto de instalação e aquisição de equipamento intermediado por empresa nacional especializada no ramo. Feito isso, o fechamento da análise se dará com a dedução de ambiente lógico para incentivo às alterações na matriz energética, que represente inflexão rumo à conservação de baixa entropia.

#### **4.4.3 Viabilidade de Investimento em Energia Solar**

A análise financeiro-econômica realizada nesta seção objetiva ser o mais fiel possível à atual situação das possibilidades de investimento em energia solar no Brasil, pois as verificações extraídas desta servirão de base à elaboração posterior, juntamente com a crítica sobre o ambiente institucional trabalhada na seção anterior. Para tanto foi simulado o orçamento de aplicação de um sistema de energia solar para empresa industrial, na capacidade instalada limite possibilitada pela legislação atual (1 MW). Como o custo da estrutura é elevado e o foco de análise se dá sobre o setor industrial privado, foi necessário buscar uma empresa com este perfil, sendo que esta busca resultou na empresa Souza Cruz. Além da seleção de agente industrial, foi empreendida a busca de empresa que trabalha com instalação de sistemas fotovoltaicos para realização de orçamento e estimativa de produção de energia da estrutura a ser instalada, sendo que a empresa Solled foi selecionada, efetuando orçamento a partir dos dados da Souza Cruz.

A Souza Cruz é a empresa líder do mercado nacional de cigarros e atua em todo o ciclo do produto, desde a produção e processamento do tabaco (incluindo a exportação deste) até a fabricação e distribuição de cigarros. A empresa tem forte atuação na área socioambiental, investindo em desenvolvimento sustentável dentro da sua cadeia produtiva e nos contextos sociais em que está inserida ao longo da sua história de mais de 100 anos. Uma das três unidades de processamento de tabaco (processo primário) está situada em Santa Cruz do Sul/RS (SOUZA CRUZ, 2015). A disposição e receptividade da empresa, representada pela gerência de engenharia do departamento do tabaco sediada em Santa Cruz do Sul/RS, em oferecer materiais de suporte ao trabalho elaborado, como contas de energia elétrica, planta baixa e suporte no entendimento das especificidades do consumo de energia elétrica da unidade, corroboram às afirmativas indicadas no site da organização, indicando que a empresa é de fato voltada ao desenvolvimento socioambiental.

A Solled é empresa privada situada em Santa Cruz do Sul/RS, que oferece soluções em energia renovável e limpa para a cidade em que está sediada e região. Com diversos projetos realizados, a empresa indica como seus diferenciais competitivos: realização de projeto de engenharia para sistemas de geração, apoio ao registro do interessado na concessionária atuante na região, registro do projeto no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia, qualificação de pessoal e utilização de equipamentos de última geração; tendo como visão a excelência em eficiência energética e energia renovável limpa na região em que atua (SOLLED, 2015). A visão e atuação desta empresa estão em linha com os argumentos desenvolvidos neste trabalho, além de atuar em setor que poderá ter demanda crescente, caso as alterações necessárias na matriz energética fluam para o caminho trabalhado. Além destas razões, a proximidade geográfica com a empresa do setor industrial utilizada como exemplo e a disposição em elaborar orçamento simulado justificam sua escolha.

Indicadores de viabilidade econômico-financeira servem como auxiliar para tomada de decisão na realização de um investimento, não definindo a aplicação. Por se utilizarem apenas de premissas quantificáveis em moeda, não consideram fatores que não podem ser diretamente expressos por ela, seja por dificuldade de estimação ou ausência de relação direta, como nível de emprego, segurança, impacto ambiental, etc., que são pontos que podem ser impactados por um investimento.

Assim, a decisão passa pela análise econômico-financeira, mas extrapola esta, abrangendo outros pontos (CASAROTTO; KOPITTKKE, 2000). Estes conceitos indicam que para o problema em análise, mesmo que o investimento se revele inviável econômico-financeiramente, sua aplicação relaciona-se com outras demandas, como a economia de baixa entropia.

O orçamento realizado pela empresa Solled (Anexo A), indicou que o investimento seria de R\$ 5.737.400,00; com estimativa de produção mensal de 122.400 kW. Para apuração dos indicadores de viabilidade econômico-financeira, foi necessário identificar o custo do kWh de energia elétrica consumido pela Souza Cruz. Porém, como a Souza Cruz é consumidora livre do mercado energético, o preço da energia é acordado via contrato bilateral entre consumir e produtor, sem a necessidade de divulgação de preço celebrado ao mercado ou para agentes públicos. Por esse motivo, para custo de energia, considera-se o preço médio negociado no mercado livre de energia para agosto de 2015, divulgado pela Tractebel Energia (2015), empresa com a qual a Souza Cruz contrata sua força elétrica, sendo R\$ 145,09 por MWh para a região Sul do Brasil. Já os custos com transmissão, distribuição e encargos setoriais, pagos pela Souza Cruz à concessionária local de energia elétrica são valores reais, pois estes trazem tarifa regulada, constituindo informação disponível a qualquer agente (Anexo B). A Tabela 3 traz informações de consumo e valor pago pela Souza Cruz durante o ano de 2014 (valores reais para consumo elétrico, custo de transmissão e distribuição, considerando encargos setoriais e tributos, e estimados para custo da energia), sendo que cabe destaque ao custo unitário do kWh, que servirá para composição do benefício anual advindo da instalação do empreendimento orçado.

**Tabela 3 - Consumo e custo da energia elétrica na Souza Cruz**

Período	Consumo elétrico (kWh)	Gastos (R\$)				Preço médio kWh: Total/Consumo
		Transmissão + distribuição	Energia	ICMS	Total	
jan-14	447.706	23.547,10	64.957,66	13.304,58	101.809,35	0,2274
fev-14	733.286	34.280,17	106.392,47	21.791,23	162.463,86	0,2216
mar-14	1.195.421	60.146,26	173.443,63	35.524,60	269.114,49	0,2251
abr-14	3.417.788	155.602,07	495.886,86	101.567,19	753.056,12	0,2203
mai-14	3.948.062	180.704,36	572.824,32	117.325,46	870.854,14	0,2206
jun-14	4.296.344	207.013,80	623.356,55	127.675,44	958.045,79	0,2230
jul-14	3.657.009	192.393,19	530.595,44	108.676,17	831.664,80	0,2274
ago-14	4.088.315	199.791,62	593.173,62	121.493,39	914.458,64	0,2237
set-14	3.580.419	186.945,79	519.482,99	106.400,13	812.828,91	0,2270
out-14	473.795	29.158,55	68.742,92	14.079,87	111.981,34	0,2363
nov-14	462.774	27.483,26	67.143,88	13.752,36	108.379,50	0,2342
dez-14	466.140	27.311,91	67.632,25	13.852,39	108.796,55	0,2334
<b>Total</b>	<b>26.767.059</b>	<b>1.324.378,08</b>	<b>3.883.632,59</b>	<b>795.442,82</b>	<b>6.003.453,49</b>	<b>0,2243</b>

Fonte: elaborado pelo autor, a partir de dados constantes no ANEXO A e Tractebel (2015).

A análise de viabilidade econômico-financeira necessita, além dos dados constantes na Tabela 3, de valor de benefício por período (definido como um ano) advindo do investimento e taxa referencial, que serve para valorização do custo de oportunidade do capital a ser comprometido. O benefício por período é composto por dois valores: o primeiro é o valor poupado com a não compra da energia produzida pelas placas fotovoltaicas, R\$ 329.430,01 (produção anual estimada vezes o custo médio do kWh), e o segundo referente ao benefício no Imposto de Renda sobre o lucro gerado com a depreciação do equipamento. Como as placas têm vida útil de 25 anos, se considerou que findo este período o equipamento terá valor residual nulo, ou seja, a cada ano deprecia-se em R\$ 229.496,00. Como a depreciação é uma despesa contabilizada a cada ano no Demonstrativo de Resultado do Exercício da empresa, esta reduz o lucro líquido a ser tributado pelo Imposto de Renda, com alíquota de 34% sobre a pessoa jurídica (TEIXEIRA, 2015). A contabilização dessa despesa reduz o pagamento do imposto em valor referente à própria alíquota sobre a depreciação anual. Isto significa que a cada ano a contabilização da depreciação traz uma economia de R\$ 78.028,64 (R\$ 229.496,00 vezes 34%) no Imposto de Renda sobre o lucro e o valor base de benefício anual é de R\$ 407.458,65 (R\$

329.430,01 mais R\$ 78.028,64). A taxa referencial utilizada é a taxa básica de juros da economia brasileira, 14,25% a.a., definida em julho de 2015 (BACEN, 2015).

A Tabela 4 demonstra o fluxo de caixa do projeto, coluna “Capital (R\$)”, que além dos parâmetros descritos anteriormente, considera a redução de produtividade das placas indicada no orçamento da empresa Solled a uma taxa linear de decrescimento, respeitando a produção de 90% do potencial inicial no 15º ano de operação e de 80% no 25º ano. Este efeito faz com que o benefício advindo da não compra de energia da rede, que parte de R\$ 329.430,01; realize-se a valores decrescentes, já a partir do primeiro período, sendo que o benefício de Imposto de Renda, advindo da depreciação do equipamento, permanece fixo por todo o período. A coluna “VP (R\$)”, indica o valor presente dos benefícios em período diversos do inicial, calculados a partir da fórmula do VP (Valor Presente) descrita na metodologia. Os indicadores de VPL (Valor Presente Líquido) e TIR (Taxa Interna de Retorno) advêm dos dados de fluxo de caixa da Tabela 4 e o *Payback* descontado é indicado na coluna de “Saldo (R\$)”, sendo realizado quanto o valor do saldo de capital igualar-se a zero.

**Tabela 4 - Fluxo de caixa do orçamento de investimento**

Período	Capital (R\$)	Produtividade (%)	VP (R\$)	Saldo (R\$)
0	-5.737.400,00	-	-	-5.737.400,00
1	405.262,45	99,33	354.715,49	-5.382.684,51
2	403.066,25	98,67	308.790,56	-5.073.893,95
3	400.870,05	98,00	268.803,54	-4.805.090,41
4	398.673,85	97,33	233.987,64	-4.571.102,77
5	396.477,65	96,67	203.674,97	-4.367.427,80
6	394.281,45	96,00	177.283,82	-4.190.143,98
7	392.085,25	95,33	154.307,50	-4.035.836,48
8	389.889,05	94,67	134.304,75	-3.901.531,73
9	387.692,85	94,00	116.891,23	-3.784.640,51
10	385.496,65	93,33	101.732,22	-3.682.908,29
11	383.300,45	92,67	88.536,23	-3.594.372,06
12	381.104,25	92,00	77.049,40	-3.517.322,65
13	378.908,05	91,33	67.050,67	-3.450.271,98
14	376.711,85	90,67	58.347,51	-3.391.924,47
15	374.515,65	90,00	50.772,30	-3.341.152,17
16	371.221,35	89,00	44.048,75	-3.297.103,42
17	367.927,05	88,00	38.212,56	-3.258.890,85
18	364.632,75	87,00	33.146,98	-3.225.743,88
19	361.338,45	86,00	28.750,55	-3.196.993,32
20	358.044,15	85,00	24.935,17	-3.172.058,15
21	354.749,85	84,00	21.624,29	-3.150.433,86
22	351.455,55	83,00	18.751,40	-3.131.682,46
23	348.161,25	82,00	16.258,77	-3.115.423,69
24	344.866,95	81,00	14.096,22	-3.101.327,47
25	341.572,65	80,00	12.220,19	-3.089.107,29

Fonte: elaborado pelo autor a partir do ANEXO A, ANEXO B e Teixeira (2015).

A aplicação dos indicadores de viabilidade aos dados da Tabela 4 indicam VPL de - R\$ 2.703.813,82; TIR de 4% e que o *Payback* descontado não ocorre no período em que as placas têm utilização recomendada (25 anos). Este último indicador, que se relaciona diretamente com a capacidade dos agentes perceberem benefícios na aplicação da mudança, dá medida do quanto a atual possibilidade de investimento está longe de viabilizar a disseminação da tecnologia. Com estes resultados obtidos pela análise econômico-financeira, conclui-se que a situação atual da tecnologia no Brasil não justifica o investimento, o que vem em linha com a crítica ao ambiente institucional vigente, que também não se mostra adequado à



aplicação da mudança. Para o caso específico da análise econômico-financeira há pontos vinculados às premissas utilizadas, como a taxa de juros de referência, pois no Brasil os juros básicos da economia são elevados, em comparação com outras nações. Além disso, é importante considerar que a tecnologia de geração fotovoltaica é importada, com preços atrelados ao Dólar estadunidense, o que encarece o custo de aquisição, considerando a atual desvalorização do Real frente a essa moeda. Estes desequilíbrios, não diretamente relacionados ao ambiente institucional do mercado energético, serão considerados na próxima seção que, a partir da crítica anterior e da análise de viabilidade econômico-financeira, irá deduzir sobre o ambiente propício às alterações da matriz energética, servindo-se da energia solar, mas extrapolando seu atual foco para que represente inflexão na matriz energética de forma abrangente.

#### **4.4.4 Dedução de Ambiente Propício às Alterações na Matriz Energética**

As etapas anteriores deram visão sobre as tentativas de modificação da matriz energética, do mercado de energia elétrica e do ambiente institucional à energia solar, com foco no Brasil, em contraponto à construção teórica e às experiências desenvolvidas em outros países. As perspectivas elaboradas, complementadas pela análise de viabilidade econômico-financeira, dão medida do quanto o quadro atual indica a inviabilidade de alteração da matriz energética para basear-se na energia solar. Os argumentos trazidos na seção **2.1.1 Pico do Petróleo e Renúncia do Crescimento**, indicam a urgência de alterações, pois caso não sejam feitas de forma ativa pelos agentes terão que ser reativamente, o que pode levar a instabilidades econômicas duradouras e a todos os problemas sociais vinculados a ela. Assim, esta subseção dedica-se à construção de ambiente institucional que poderia levar a matriz energética ao idealizado: baseada em energia elétrica de fonte solar, representando inflexão no *design* dominante, para que a sociedade possa superar a dependência fóssil. Desta forma, o argumento a ser desenvolvido representa resposta à crítica feita na subseção **4.4.2 Propiciação do Ambiente à Função Empresarial** e **4.4.3 Viabilidade de Investimento em Energia Solar**, pois enquanto nessas são apontados os problemas, aqui é discutida uma possível solução.

A elaboração teórica indicou que a ação positiva deve dar-se apenas no nível das instituições econômicas, para que estas alterem os meios que os agentes dispõem para buscar a satisfação das suas necessidades. É a interação entre agentes em mercado em constante evolução, em linha com o processo de mercado conceituado por Kirzner (2012), que pode levar à inflexão no *design* dominante, abrindo mercados para atividades hoje incipientes, não restritas à instalação de painéis fotovoltaicos, pois quebra de *design* dominante subentende novos produtos e serviços substitutos aos atualmente alimentados por combustíveis fósseis. O processo de mercado não pode existir sem estar baseado em instituições estáveis que permitam segurança na relação entre agentes, mesmo que haja assimetria de informações, ao encontro do argumento de Hayek (1985), que pontua ordem espontânea baseada em instituições estáveis, mas não diretivas do processo econômico. Defender o processo de mercado implica em não planejar, ou buscar antever, quais movimentos ocorrerão na mudança de *design* objetivada, pois isto resultaria em esforço especulativo que teria que suprir-se de amplas bases quanto às tecnologias atuais em áreas focais, como processos logísticos, alimentadas por energia elétrica para fazer-se válida. Assim, a solução indicada é voltada à estruturação de ambiente institucional que considere premissas que levam o agente privado à ação, como as indicadas por Mises (2010) que, em linhas gerais, pontua o desconforto com a situação atual e a imagem de que uma conduta propositada irá leva-lo à solução deste desconforto.

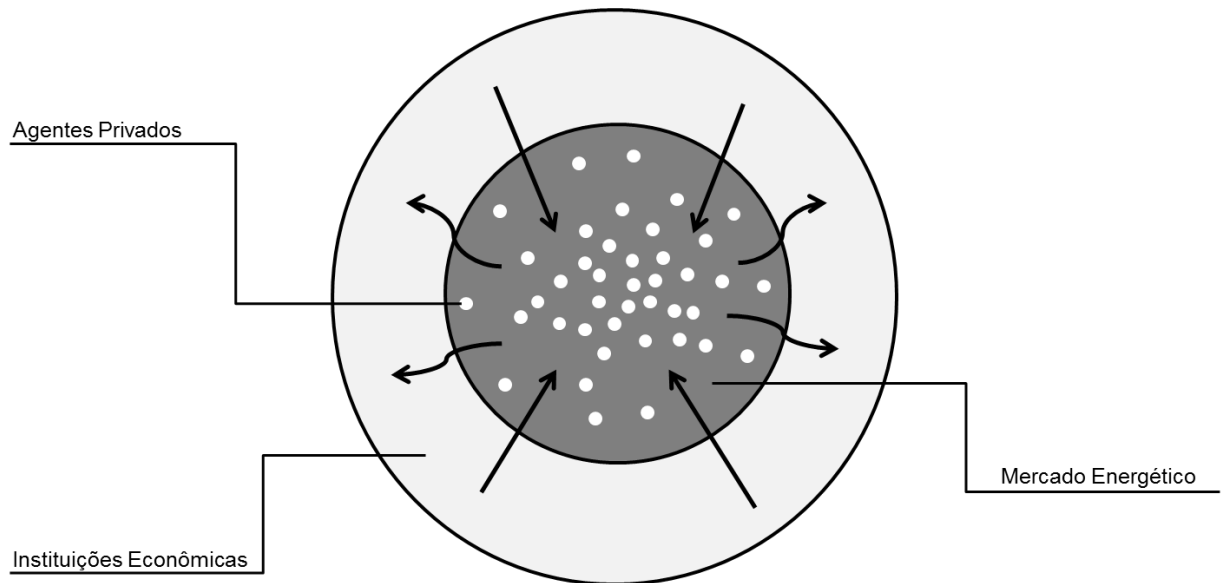
As instituições inclusivas, conceituadas por Acemoglu e Robinson (2012), indicam as bases da construção a ser empreendida, pois pressupõem a liberdade para transacionar e empreender entre agentes, o que leva a sociedade a formar conhecimento de forma constante, mantendo a eficiência econômica do sistema. Este conceito permite supor que caso o mercado energético evolua na direção da energia solar, a elevação da oferta em rede incentivará a formação de novos negócios que se utilizem dessa energia. Isto afirma o que Rifkin (2012) chama de “Terceira Revolução Industrial”, pois a continuidade do processo levaria à alteração no modelo de produção do sistema econômico. Porém, as barreiras existentes para que as instituições sejam inclusivas são trazidas (a nível teórico) por North (1990), quando demonstra que elas são construções sociais que restringem a ação e, considerando que agentes influenciam sua estruturação, a manutenção do *status quo* da matriz energética é a tendência. Essas barreiras são verificadas na

investigação histórica realizada, em especial para as estratégias brasileiras voltadas aos combustíveis líquidos de fonte não fóssil, pois além de indicarem transferência de renda, visam manutenção do *design* dominante, haja visto que alimentam produtos idealizados para combustíveis fósseis sem adaptação. Da mesma forma, as estratégias voltadas ao setor elétrico brasileiro demonstram não ter intensão de conduzir à inflexão das fontes de geração, pois constituem fraca propensão à atividade empresarial.

O quadro desenhado indica dificuldade elevada em modificar instituições para conduzir a matriz energética às alterações necessárias, mas alguns processos históricos, como o observado na Alemanha, demonstram um caminho possível. Naquele país, as formulações de estratégias de diversificação da matriz energética iniciam na década de 1980, sendo produto de pressão social sobre o governo, afirmando a assertiva de que as instituições derivam da sociedade (NORTH, 1990). Este processo promoveu programas de tarifa-prêmio, para produção de energia fotovoltaica em qualquer escala, incentivando a sociedade a formar conhecimento, percebido como capacidade tecnológica e mercadológica no segmento solar, buscando obter lucro; em linha com a ideia de instituições inclusivas (ACEMOGLU; ROBINSON, 2012) e com o processo de mercado (KIRZNER, 2012), mesmo que alguns parâmetros, como preços da energia sejam dados pelo Estado. Caso as instituições alemãs continuem propícias à atividade empresarial no setor de energia solar, sendo que isto inclui sua evolução qualitativa constante, o processo de mercado poderá levar à abertura de novos mercados, com produtos e serviços de várias utilidades baseados na oferta de eletricidade com geração em pequena escala. A experiência alemã é a referência a ser utilizada para estruturação de instituições inclusivas voltadas ao setor de energia solar, pois viabiliza o investimento privado e incentiva a eficiência, haja visto que os preços praticados declinam gradualmente, a partir dos anos 2000, e a produção continua a crescer.

O ambiente institucional objetivado tem estrutura e processo de causalção entre níveis demonstrados na Figura 2.

**Figura 2 - Ambiente Institucional e Lógica de Causação**



Fonte: elaborado pelo autor.

O nível externo (Instituições Econômicas) deve ser formado por instituições inclusivas, para que sua influência sobre o mercado energético incentive os agentes à atividade empresarial. A influência do ambiente institucional inclusivo é representada pelas setas concêntricas do nível externo (Instituições Econômicas) ao central (Mercado Energético). O nível central da figura (Mercado Energético) é a instituição social em que o processo de mercado levará a transformações qualitativas constantes que poderão alterar a matriz energética e o modelo de produção de forma abrangente. O último nível contido na Figura 2 (Agentes Privados) representado por círculos brancos dentro do nível central (Mercado Energético) indica os agentes diretos da mudança, pois estes realizam a atividade empresarial, descobrindo e criando informação, e garantem a continuidade do processo de mercado (SOTO, 2010). O processo de mercado leva à transformações que serão refletidas nas instituições, adaptando-as a realidade das transações, sendo que este processo é representado pelas setas excêntricas curvadas que saem do nível central (Mercado Energético). A configuração de instituições econômicas que incentivem os agentes à ação, subentende que estas são passíveis de evolução constante, pois caso não sejam, as normativas estarão defasadas em demasia, travando o mercado sob a qual vigem. A Figura 2 sintetiza o argumento

trabalhado para introduzir solução à necessidade de alteração na matriz energética. Porém, trazer esta elaboração à realidade brasileira, demanda a consideração de especificidades que representam barreiras adicionais à construção de solução.

As barreiras à alteração institucional indicada são ainda maiores quando se visualiza do contexto brasileiro, haja visto que as experiências analisadas indicam transferência de renda, desalinhamento entre as esferas do Estado, ação agressiva no mercado para justificar argumentação política e eventos de direção do mercado por meio de normativas regulatórias que impedem a atividade empresarial (como o programa de compensação de energia em rede disponível apenas para consumidores cativos). Para fazer deste quadro um ambiente permeado pelas instituições inclusivas caracterizadas por Acemoglu e Robinson (2012) é necessário pressão social sobre o governo, como observado na Alemanha e deduzido frente à teoria de que as instituições derivam da sociedade (NORTH, 1990). Porém, este esforço não deve resultar em regulações diretivas, pois isto leva o setor a tornar-se desinteressante para agentes privados e pode conduzir a cenário já observado no Brasil, como o ocorrido a partir da década de 1930, em que a prevalência do Estado no mercado energético constitui um gargalo para o desenvolvimento econômico do país após a redemocratização e estabilização (meados dos anos 1990). Este desvio a ser evitado vem ao encontro do argumento de Roque (2015), quanto aos problemas advindos da regulação econômica, que pode levar setores à dependência de códigos e normativas para operar, implicando em impedimento à atividade empresarial e fechando o horizonte à descoberta e criação de informação.

Nenhuma regulação pode chegar ao nível de impedir que os agentes efetuem cálculo econômico na decisão de transacionar, em linha com Mises (2010), pois caso sejam obrigados a efetuar uma transação, por via legal ou falta de opções, o processo não resultará em inflexão ampla na matriz energética, pois as instituições sociais não serão amigáveis ao novo *design*, haja visto que o processo de mercado não poderá ocorrer. Assim, o ambiente a ser estruturado deveria vir ao encontro do idealizado por Hayek (1985), ou seja, que permita estabilidade e segurança no investimento privado, sendo que a legislação com vigência global é o instrumento mais adequado para este fim. Isto não impede ou exclui a necessidade de existência de uma agência regulatória, mas indica que esta deveria dedicar-se à garantia de ambiente estável ao investimento privado e, a partir da capacidade técnica que possui, à verificação de cumprimento da legislação no mercado. Dessa forma, a

agência regulatória seria um órgão incentivador da atividade empresarial, situam-se longe dos problemas apontados por Sennholz (2013) sobre a intervenção regulatória que leva as agências a proteger ofertantes ao invés de consumidores.

A viabilidade econômico-financeira do investimento em estruturas solares não depende unicamente do quadro institucional, embora a instabilidade neste constitua incerteza elevada ao investimento, haja visto que parâmetros não diretamente vinculados são utilizados para pesar viabilidade, como custos de investimento inicial, custo de oportunidade e disposição à imobilização de capitais por períodos elevados. A análise realizada na subseção anterior indicou inviabilidade econômico-financeira, mesmo para agente com capacidade de investimento na escala máxima permitida por lei, porém é necessário entender quais premissas contribuíram para isso. O Brasil não tem produção interna de componentes para geração de energia solar, sendo que todo material precificado no orçamento simulado é originário da Europa, com transações atreladas ao Dólar estadunidense. A valorização do Dólar frente ao Real verificada no ano de 2015 (até o dia 28 de outubro de 2015) é de aproximadamente 47% (XE, 2015), o que indica a existência de desequilíbrios na economia brasileira, revertendo também em juros elevados, como a taxa básica de juros de 14,25% (BACEN, 2015). Estes valores pesam negativamente na viabilidade de investimento, pois enquanto um significa encarecimento na aquisição do equipamento, outro eleva consideravelmente o custo de oportunidade do capital. A correção deste tipo de problema não cabe ao presente trabalho, pois foge do escopo dos objetivos definidos, mas é necessário considerar que um contexto econômico mais equilibrado para o Brasil, com câmbio estabilizado em Real mais valorizado e taxa básica de juros menor, poderia levar a mesma simulação realizada a indicar viabilidade no investimento. Assim, embora se possa indicar qual ambiente institucional seria incentivador às alterações na matriz energética, apenas este pode não ser suficiente para garantir incentivos econômico-financeiros à mudança.

## 5 CONCLUSÃO

A amplitude do tema deste trabalho exigiu abordagem multidisciplinar, se utilizando, além da economia, de conceito oriundo da física (entropia) e da teoria do Pico do Petróleo (geologia). Porém, embora multidisciplinar, a Ciência Econômica constitui o campo das teorias utilizadas de forma central, haja visto que o esqueleto da análise empreendida é a abordagem da NEI (Nova Economia Institucional), direcionada à sustentação de ambiente propício à atividade empresarial e processo de mercado, conceitos que derivam da Escola Austríaca de economia. Relações entre estas abordagens podem ser realizadas de forma facilitada, pois os austríacos visualizam o mercado como instituição social passível de evolução qualitativa constante, como verificado no argumento de Kirzner (2012), da mesma forma que para a NEI a economia é permeada por instituições que derivam da sociedade e estão em constante evolução (NORTH, 1990). O vínculo mais nítido é o pensamento de Hayek (1985) que indica, como premissa à atividade empresarial, um ambiente legal estável, que permita confiabilidade aos agentes empreenderem atividades econômicas. Este conceito é aderente à ideia de Acemoglu e Robinson (2012), que lida com o ideal de instituições inclusivas no sistema econômico. Para atingimento dos objetivos propostos foi necessário, além da construção teórica mista, extensa investigação histórica, para visualizar a aplicabilidade teórica e as barreiras existentes à mudança.

Anterior ao processo de análise e construção de ambiente institucional buscou-se entender a urgência de alterações na matriz energética, cumprindo o objetivo específico relacionado à compreensão da necessidade da mudança na matriz energética. Para este fim, foram utilizados conhecimentos e abordagens do campo da física, sobretudo a entropia, segunda lei da termodinâmica, com fonte principal em Georgescu-Roegen (2005); além do resgate da história de utilização da energia pela humanidade. Deste processo se pôde concluir que a atual matriz energética é insustentável e que, embora não se saiba exatamente em quanto tempo uma crise vinculada a esta insustentabilidade irá eclodir (ou se já eclodiu), o fato de se ter consciência do problema leva à afirmação da razoabilidade da ação antecipada. O resgate da teoria do Pico do Petróleo indicou que a humanidade está se encaminhando para o limite de utilização deste recurso, ponto a partir do qual seus preços tendem a subir levando consigo boa parte dos produtos e serviços

demandados pela sociedade (HEINBERG, 2010). Complementado pela necessidade de conservação de baixa entropia, trazida pela abordagem entrópica do processo econômico, foi possível obter ampla compreensão quanto à urgência de alterações na matriz energética.

A análise das experiências brasileiras de tentativas de alteração da matriz energética, realizada com entendimento dos programas de incentivo à produção e consumo de álcool combustível e biodiesel, demandou expressiva pesquisa histórica, haja visto o espaço temporal em que os programas existem, para que as conclusões sobre elas fossem válidas. Este esforço, que cumpriu o objetivo específico voltado à compreensão das experiências brasileiras de tentativa de alterações na matriz energética, permitiu a identificação de muitos desvios, referentes à estruturação institucional diretiva do mercado, transferência de renda e ação governamental com objetivos políticos. Porém, os desvios principais nestas tentativas de mudança são indicados pela contraposição com a abordagem entrópica da utilização de energia, pois os combustíveis líquidos de fontes renováveis representam degradação entrópica, mesmo que em níveis inferiores aos derivados do petróleo; e pelo fato de não levarem à quebra do *design* dominante. As alterações necessárias só serão válidas caso haja coesão social na direção da utilização de energia de baixo ou nulo impacto entrópico. Isto demanda alteração no *design* dominante, algo que não pode ocorrer com combustíveis líquidos elaborados para complementar a utilização dos fósseis ou com objetivos que, claramente, não são os de prover o mercado de alternativas ambientalmente sustentáveis e economicamente viáveis.

Para utilizar a construção teórica realizada sobre a forma de geração de energia verificada como ideal, a energia solar fotovoltaica com foco do Brasil, foi necessário análise histórica das instituições do setor elétrico e entendimento da situação atual. Este foco resultou em amplo conteúdo a ser criticado, pois o mercado elétrico brasileiro apresenta instituições tanto propícias à atividade empresarial, quanto excludentes desta; além de ter histórico de inflexões na participação do Estado como ofertante de energia. Como complemento à realidade brasileira, abordou-se a realidade de algumas nações com programas voltados à energia solar (Alemanha, Espanha e China) dotando a crítica de possibilidade de comparação com outras realidades. Esta análise indicou inadequação do quadro brasileiro para alterações na matriz energética, rumo ao ideal em perspectiva entrópica, sendo que



o histórico verificado na experiência alemã foi indicado como caminho assertivo, podendo ser utilizado de modelo ao Brasil. Além da análise institucional, a verificação de viabilidade econômico-financeira realizada veio ao encontro da crítica realizada, pois também indicou inviabilidades, embora estas possam ser explicadas a partir do contexto macroeconômico brasileiro, que significa desvalorização cambial e juros elevados. Estas etapas cumpriram o objetivo vinculado à análise das barreiras que o ambiente institucional constrói à inflexão na matriz energética, bem como das potencialidades que possui.

Após o esforço de construção teórica, investigação histórica, contraposição entre ambas e análise crítica, foi possível deduzir sobre qual ambiente seria propício às alterações na matriz energética, cumprindo o objetivo específico de proposição de alterações no ambiente institucional brasileiro para que este incentive os agentes à ação espontânea. Isto resultou na indicação da experiência alemã como algo a ser seguido pelo Brasil. Naquele país o ambiente institucional posto é propício à atividade empresarial, pois a amplitude das normativas permitiu o ingresso de qualquer agente no programa de geração de energia solar fotovoltaica com tarifa-prêmio, constituindo ambiente institucional inclusivo (ACEMOGLU; ROBINSON, 2012). Se as instituições alemãs do setor energético continuarem evoluindo em direção amigável à atividade empresarial, poderão desfazer a lógica vigente de preços regulados, dando mais motivos à busca constante de eficiência pelos agentes. A trajetória da energia fotovoltaica na Alemanha indica interesse privado elevado neste tipo de investimento, demonstrando que ele pode atender às premissas que levam o agente à ação, em linha com o argumento de Mises (2010). Embora a experiência alemã mostre o início do caminho a ser trilhado pelo Brasil, é preciso considerar a estabilidade no meio social que se verifica no país europeu, pois ao encontro de North (1990), a instabilidade social forma desincentivo ao processo econômico. Assim, considerando que o Brasil é cenário de instabilidades econômicas, apenas atenuadas após a redemocratização e estabilização em meados dos anos 1990, alterações significativas na matriz energética podem ser barradas por este motivo.

As análises realizadas para cumprimento dos objetivos específicos permitiram responder o problema de pesquisa, que faz a seguinte questão: Como as instituições formais do sistema econômico poderiam promover incentivos financeiros à ação espontânea dos agentes voltada à transformação da atual matriz energética?

A construção teórica, em contraposição às realidades abordadas, indica que o ambiente favorável às alterações na matriz energética deve ser permeado por instituições inclusivas (ACEMOGLU; ROBINSON, 2012) no setor que situa a energia solar fotovoltaica, pois estas são propício à atividade empresarial, que garante a continuidade do processo de mercado (KIZNER, 2012), levando a busca de eficiência constante e viabilidade econômico-financeira ao meio empresarial. Entretanto, as modificações podem ser inviabilizadas pelo contexto macroeconômico do território em que as instituições têm influência, logo, não basta ação objetivada no setor elétrico em nível institucional, pois este opera dentro de um sistema econômico maior e não pode se desvincular dele. Assim, conclui-se que, embora o ambiente institucional represente ferramental que pode garantir atratividade aos agentes investirem na tecnologia de produção de energia ideal, permitindo a atividade empresarial e, conseqüentemente, o processo de mercado; a efetivação de incentivos econômico-financeiros dependente diretamente do contexto macroeconômico da nação sob análise. Parâmetros simples, mas com importante influência nas decisões de investimento, como custo inicial do investimento e custo de oportunidade do capital, podem inviabilizar as mudanças, mesmo que o ambiente institucional mostre-se propício à ela. Este ponto pôde ser visualizado na análise econômico-financeira realizada para o orçamento simulado, que apontou VPL (Valor Presente Líquido) e TIR (Taxa Interna de Retorno) negativos, e que o *Payback* descontado não ocorre dentro do período de vida útil do equipamento solar (25 anos). Ou seja, o investimento demonstra-se inviável por parâmetros que utilizam o contexto macroeconômico como premissa (taxa básica de juros e taxa de câmbio na importação).

O assunto abordado não pode ser esgotado em um único trabalho acadêmico, haja visto sua amplitude e variadas alternativas de tratamento ao problema vinculado à insustentabilidade da atual matriz energética. Estudos futuros, que se utilizem da mesma construção teórica, podem buscar a atualização das realidades aqui analisadas, pois estas tendem a estar em outro patamar; analisar detalhadamente o contexto alemão, verificando de forma focal a qual nível suas instituições são aderentes ao processo de mercado; ou ainda, selecionar outra tecnologia de geração em lugar da solar fotovoltaica como ideal. Além disso, há a opção de alterar o corpo teórico utilizado para construir análise semelhante, deste esforço surgiriam conclusões diversas, ou complementares, às indicadas neste

trabalho que, como aborda a linha teórica da Escola Austríaca, é voltada ao processo de mercado e não à ação estatal, sendo este viés amplamente utilizado por várias abordagens dentro das Ciências Econômicas. Considerando a urgência de mudança na matriz energética, a continuidade do esforço acadêmico é benéfica à sociedade, desde que seja realizada de forma viável para ambientação no mundo real, que possui instituições fortes que não podem ser facilmente quebradas ou alteradas. Assim, qualquer tentativa de inflexão deve considerar a que as relações sociais são permeadas por instituições formais e informais, com fluxos informacionais parciais e desuniformes, que exercem influência sobre as instituições, ou seja, em meio complexo.

## REFERÊNCIAS

ACEMOGLU, Daron; ROBINSON, James A. **Por que as nações fracassam: as origens do poder, da prosperidade e da pobreza**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Informações Técnicas: Encargos**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=527>>. Acesso em: 7 de set. de 2015.

\_\_\_\_\_. **Por dentro da conta de luz: informação de utilidade pública**. Agência Nacional de Energia Elétrica. 6. ed. Brasília : ANEEL, 2013.

\_\_\_\_\_. **Resolução Normativa N. 482 de 17 de abril de 2012**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>>. Acesso em: 13 de jun. de 2015.

ALEGRETTI, Gabriel; FARIA, Jéssica Mota. **Cana-de-açúcar ou de etanol? Política e sua eficácia no mercado de açúcar e etanol**. In: Congresso da SOBER – Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 50. 2012. Vitória. Anais eletrônicos. Disponível em: <<http://icongresso.itarget.com.br/useradm/anais/?clt=ser.2>>. Acesso em 29 de jul. de 2015.

AMBIENTE BRASIL. **Aplicações de energia solar**. Disponível em: [http://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/energia\\_solar/aplicacoes\\_de\\_energia\\_solar.html](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/energia_solar/aplicacoes_de_energia_solar.html). Acesso em: 12 de set. de 2015.

AMÉRICAS DO SOL. **Guia de Microgeradores Fotovoltaicos**. Disponível em: <http://www.americadosol.org/guiaFV/>. Acesso em: 30 de ago. de 2015.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Síntese dos preços praticados - Brasil - Capitais**. 2015. Disponível em <<http://www.anp.gov.br/preco/index.asp>>. Acessado em: 31 de jul. de 2015.

\_\_\_\_\_. **Boletim Mensal do Biodiesel** – Junho de 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=77031&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1440374314166>>. Acesso em: 23 de ago. de 2015.

AREND, Silvio Cezar. **O instituto do açúcar e do álcool: os usineiros e a busca de renda**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Economia – Universidade do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.

AYRES, Robert U.; AYRES, Edward H. **Cruzando a fronteira da energia: dos combustíveis fósseis para um futuro de energia limpa**. Porto Alegre: Bookman, 2012.

BACEN – Banco Central do Brasil. **Histórico das Taxas de Juros**. Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/?COPOMJUROS>. Acesso em: 11 de nov. de 2015.

BEGNIS, Heron S.M.; ZERBIELLI, Jerusa. Mercados, eficiência alocativa e desenvolvimento econômico sob o enfoque da nova economia institucional. **Redes**, v. 7, n. 3, p. 159-174, 2002.

BIODIESELBR. **PróAlcool – Programa Brasileiro de Álcool**. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool/programa-etanol.htm>>. Acesso em: 09 de jul. de 2015.

BRASIL. Decreto-Lei n. 5163, de 30 de julho de 2004. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 de jul. de 2004.

\_\_\_\_\_. Resolução nº 462 de 24 de julho de 2014. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 25 de jul. de 2014.

CAMPBELL, Colin J. **Voltando 10 anos atrás: “O fim do petróleo barato”** de Campbell. Disponível em: <<http://www.picodopetroleo.com.br/images/stories/PICO/portugues/10anosatras.pdf>>. Acesso em: 19 de abr. de 2015.

CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITCKE, Bruno Hartmut. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. São Paulo: Atlas, 2000.

CECHIN, Andrei D. **Georgescu-Roegen e o desenvolvimento sustentável: diálogo ou anátema?**. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-graduação em Ciência Ambiental) – Programa de Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

DEBEIR, Jean-Claude; DELÉAGE, Jean-Paul; HÉMERY, Daniel. **Uma história da energia**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1993.

FARINA, Elizabeth Maria Mercier Querido; AZEVEDO, Paulo Furquim de; SAES, Maria Sylvia Macchione. **Competitividade: Mercado, Estado e Organizações**. São Paulo: Singular, 1997.

FRANCO JÚNIOR, Hilário; CHACON, Paulo Pan. **História Econômica Geral**. São Paulo: Atlas, 1986.

FREITAS, Elisa Pinheiro de. **Território, Poder e Biocombustíveis: as ações do Estado brasileiro no processo de regulação territorial para produção de recursos energéticos alternativos**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia Humana da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.

G1 – GLOBO COMUNICAÇÃO E PARTICIPAÇÕES S.A. **Governo Federal Aumenta a Mistura de Álcool na Gasolina: Fabricantes de carros dizem que testes sobre as consequências nos motores ainda não estão prontos**. Disponível em: <http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2015/03/governo-federal-aumenta-mistura-de-alcool-na-gasolina.html>. Acesso em: 01 de ago. de 2015.

\_\_\_\_\_. **Especialista explica quando é melhor abastecer com álcool.**

Disponível em: <http://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/2015/04/especialista-explica-quando-e-melhor-abastecer-com-alcool.html>. Acesso em: 02 ago. de 2015.

GALESNE, Alain; FENSTERSEIFER, Jaime E.; LAMB, Roberto. **Decisões de Investimento da Empresa**. São Paulo: Atlas, 1999.

GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas. Energia e mitos econômicos. **Economia-Ensaio**, v.19, n. 2, p.7-51, 2005.

GIL, Antônio Carlos. **Técnicas de pesquisa em economia**. São Paulo: Atlas, 1990.

GORREN, Regiane Catarina Ribeiro. **Biocombustíveis – Aspectos sociais e econômicos**: Comparação entre Brasil, Estados Unidos e Alemanha. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

GUERRA, Fábio Bandeira. **Mercados brasileiro e canadense de etanol**: uma análise comparativa sob a ótica da Nova Economia Institucional. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2012.

HAYEK, Friedrich August von. **Direito, legislação e liberdade**: uma nova formulação dos princípios liberais de justiça e economia política. São Paulo: Visão, 1985.

HEINBERG, Richard. **O fim do crescimento**. Disponível em:

<[http://www.picodopetroleo.com.br/images/stories/economia/portugues/2010\\_11\\_12\\_O\\_fim\\_do\\_crescimento\\_por\\_Richard\\_Heinberg\\_.pdf](http://www.picodopetroleo.com.br/images/stories/economia/portugues/2010_11_12_O_fim_do_crescimento_por_Richard_Heinberg_.pdf)>. Acesso em: 19 de abr. de 2015.

HAZLITT, Henry. **Economia Numa Única Lição**. São Paulo: Instituto Ludwig von Mises Brasil, 2010.

HIROTA, Heitor Hiroaki. **O mercado de concessão de transmissão de energia elétrica no Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto. Ribeirão Preto, 2006.

HOPPE, Hans-Hermann. **A ciência econômica e o método austríaco**. São Paulo: Instituto Ludwig von Mises Brasil, 2010.

JANUÁRIO, Alexandra Cristina Vidal. **O mercado de energia elétrica de fontes incentivadas**: propostas para sua expansão e implicações na Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

KIRZNER, Israel M. **Competição e atividade empresarial**. 2 ed. São Paulo: Instituto Mises Brasil, 2012.

KLARE, Michael T. Arábia Saudita, frágil solução. **Le Monde Diplomatique Brasil**, São Paulo, abr. de 2006. Disponível em: <<http://www.diplomatique.org.br/acervo.php?id=1970>>. Acesso em: 19 de abr. de 2015.

KOHLHEPP, Gerd. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 223-253, 2010.

LAMARCA JÚNIOR, Mariano Rua. **Políticas públicas globais de incentivo ao uso da energia solar para geração de eletricidade**. Tese (Doutorado) – Programa de Estudos Pós-Graduados em Ciências Sociais, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. São Paulo, 2012.

MISES, Ludwig von. **Ação humana**. São Paulo: Instituto von Mises Brasil, 2010.

\_\_\_\_\_. A origem dos preços. **Instituto Ludwig von Mises Brasil**, São Paulo, set. de 2008. Disponível em: <<http://www.mises.org.br/Article.aspx?id=148V>>. Acesso em: 1 de mai. de 2015.

MME – Ministério de Minas e Energia. **O PROINFA**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/programas/proinfa/>>. Acesso em: 7 de set. de 2015.

MUNDO EDUCAÇÃO. **Elemento mais abundante na Terra**. Disponível em: <<http://www.mundoeducacao.com/quimica/elemento-mais-abundante-na-terra.htm>>. Acesso em: 12 de set. de 2015.

MUNHOZ, Dércio Garcia. **Economia Aplicada: técnicas de pesquisa e análise econômica**. Brasília: Universidade de Brasília, 1989.

NORTH, Douglass Cecil. **Institutions, Institutional Change and Economic Performance**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

PRIGOGINE, Ilya. **O Fim da Ciência?**. In: SCHINFFMAN, Dom Fried (org.). *Novas Culturas, Paradigmas e Subjetividade*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. Pp. 25-44.

REZENDE FILHO, Cyro de Barros. **História Econômica Geral**. 9 ed. São Paulo: Contexto – 2007.

RIFKIN, Jeremy. **A terceira revolução industrial: como o poder lateral está transformando a energia, a economia e o mundo**. São Paulo: M.Books do Brasil, 2012.

ROQUE, Leandro. Sobre as privatizações (final). **Instituto Ludwig von Mises Brasil**, São Paulo, mar. De 2010. Disponível em: <<http://www.mises.org.br/Article.aspx?id=646>>. Acesso em: 2 de mai. de 2015.

ROSIM, Sidney Olivieri. **Geração de energia elétrica – Um enfoque histórico e institucional das questões comerciais no Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

SANTOS, Ieda Maria Antunes dos. **Análise de Investimentos**. Disponível em: [http://vigo.ime.unicamp.br/Projeto/2009-2/MS777/ms777\\_ieda.pdf](http://vigo.ime.unicamp.br/Projeto/2009-2/MS777/ms777_ieda.pdf). Acesso em: 15 de out. de 2015.

SENNHOLZ, Hans F. Regulações protegem os regulados e prejudicam os consumidores. **Instituto Ludwig von Mises Brasil**, São Paulo, jul. de 2013. Disponível em: <<http://www.mises.org.br/Article.aspx?id=1647>>. Acesso em: 17 de mai. de 2015.

SILVA, Mitchell G. S. da; FERREIRA, Kerlen J. N.; TEIXEIRA, Mayara M.; SILVA, Fernando C.; MACIEL, Adeilton P. Estudo de viabilidade técnica da produção de biodiesel de babaçu: uma revisão crítica. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 12, n. 2, p. 434-443, 2014.

SOLLED - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **Institucional**. Disponível em: [http://solled.com.br/capa/e\\_pagina.html?id=2205](http://solled.com.br/capa/e_pagina.html?id=2205). Acesso em: 15 de out. de 2015.

SOTO, Jesus Huerta de. **A Escola Austríaca: mercado e criatividade empresarial**. São Paulo: Instituto Ludwig von Mises Brasil, 2010.

SOUZA CRUZ S.A. **A empresa**. Disponível em: [http://www.souzacruz.com.br/group/sites/sou\\_7uvf24.nsf/vwPagesWebLive/DO7V4L37?opendocument](http://www.souzacruz.com.br/group/sites/sou_7uvf24.nsf/vwPagesWebLive/DO7V4L37?opendocument). Acesso em: 15 de out. de 2015.

SUGAWARA, Eduardo Toshio. **Comparação dos desempenhos do B5 etílico de soja e óleo diesel, por meio da avaliação do ciclo de vida (ACV)**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

TAVARES, Egberto P. **Modelo atual do setor elétrico brasileiro**. Disponível em: <[http://www.cck.com.br/artigos/palestras/modelo\\_do\\_setor\\_eletrico\\_2010.pdf](http://www.cck.com.br/artigos/palestras/modelo_do_setor_eletrico_2010.pdf)>. Acesso em: 28 de ago. de 2015.

TEIXEIRA, Paulo Henrique. **Sequestro do Lucro!**. Disponível em: <http://www.portaltributario.com.br/artigos/sequestro.htm>. Acesso em: 16 de out. de 2015

TRACTEBEL ENERGIA – GDF SUEZ. **Info Energia – Agosto de 2015**. Disponível em: [http://www.tractebelenergia.com.br/wps/wcm/connect/c32944f6-1815-42e4-9cb3-62dc5ba3f4ef/Informativo+INFO+ENERGIA\\_2015\\_Agosto.pdf?MOD=AJPERES&CAHEID=c32944f6-1815-42e4-9cb3-62dc5ba3f4ef](http://www.tractebelenergia.com.br/wps/wcm/connect/c32944f6-1815-42e4-9cb3-62dc5ba3f4ef/Informativo+INFO+ENERGIA_2015_Agosto.pdf?MOD=AJPERES&CAHEID=c32944f6-1815-42e4-9cb3-62dc5ba3f4ef). Acesso em: 16 de out. de 2015.

TVERBERT, Gail. **O que é Pico do Petróleo?**. Disponível em: <<http://www.picodopetroleo.com.br/images/stories/PICO/portugues/picodopetroleo.pdf>>. Acesso em: 19 de abr. de 2015.

VERSIGNASSI, Alexandre. Os irmãos de Adão e Eva. **Super Interessante**, v. 207, 2004.



XE – Live Exchange Rates. **XE Currency Charts**. Disponível em:  
<http://www.xe.com/currencycharts/?from=USD&to=BRL&view=12h>. Acesso em: 28  
de out. de 2015.

## ANEXO A – Orçamento de Sistema Fotovoltaico na Souza Cruz



SOLLED EFICIÊNCIA ENERGÉTICA  
 Rua Marechal Deodoro,75  
 Centro-Santa Cruz do Sul  
 Fone:(51)30561214  
[www.solled.com.br](http://www.solled.com.br)

### ORÇAMENTO

Cliente: Souza Cruz SA

Código de cliente:

Endereço: Santa Cruz do Sul

Concessionária: AES Sul

Validade do Orçamento: 20/10/2015

#### SISTEMA GERADOR FOTOVOLTAICO CONECTADO NA REDE ELÉTRICA:

Placas solares fotovoltaicas 250W policristalino	4080
Inversor 18000TL	51
Instalação do sistema gerador fotovoltaico	1
Projeto (engenheiro eletrcista)	1
ART (guia ) correio e despesas adm.	1
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 5.737.400,00</b>

O material elétrico e a estrutura de fixação dos painéis será orçado após a avaliação do telhado pois a indicação dos painéis - instalação adequada é fundamental para a segurança e funcionamento do sistema a longo prazo.

#### FORMA DE PAGAMENTO:

30% assinatura do Contrato

Saldo em 3 vezes sem juros

\* no fechamento do pedido são gerados dois contratos: compra e venda dos equipamentos e serviço de instalação dos equipamentos.

#### GARANTIA DOS EQUIPAMENTOS DA FABRICA:

Inversor: 5 anos de garantia para defeitos de fabricação

Painéis:

10 anos - defeitos de fabricação

15 anos - garantia de produção de 90%

25 anos - garantia de produção de 80%

#### PRODUÇÃO ESTIMADA DOS PAINEIS:

122400 Kwp/ Mês média anual

## ANEXO B – Consumo Elétrico e Custo de Distribuição e Transmissão Souza Cruz – Unidade de Santa Cruz do Sul/RS



AES Sul Distribuidora Gaúcha de Energia S.A.  
Rua Dona Laura, 320 14º andar Porto Alegre - RS  
CNPJ: 02.016.440/0001-62 Inscr.est.: 096/2636525  
Modelo "B" Número: 151.253

Atendimento AES Sul  
0800 707 1237  
www.aessul.com.br  
E-mail: atendimento.at@aes.com

### NOTA FISCAL - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA

Nome: <b>SOUZA CRUZ SA</b>		Tipo de Fatura: <b>CONTA NORMAL</b>		Código do Cliente: <b>3145239-6</b>	
Endereço: <b>EST BR 471 N° 10035</b>		Emissão: <b>03/12/2014</b>		Apresentação: <b>04/12/2014</b>	
Bairro: <b>B. RENASCENCA*B. INDEP</b>		Próxima Letura: <b>02/01/2015</b>			
Município: <b>SANTA CRUZ DO SUL</b>		Faturamento: <b>DEZ/2014</b>		Período de Consumo: <b>03/11/2014 a 02/12/2014</b>	
CEP: <b>96835642</b>		7001-89-0001-3145239			

<b>Dados da Unidade Consumidora</b>		<b>Demanda Contratada (kW)</b>		<b>Ponta</b>	<b>Fora Ponta</b>	<b>Período</b>	<b>Ônide</b>
Nome Fornecedor: <b>POSTO AGROPECUARIO N° 500 HS</b>		666		666	3000	RTT	
Endereço: <b>SANTA CRUZ DO SUL</b>		<b>Demanda Lida (kW)</b>					
Município: <b>SANTA CRUZ DO SUL</b>		669		669	1434	Perdas Transf	1
Tarifa: <b>ZLG-Livre Demais Classes (69kV) -A3</b>		<b>Demanda Faturada (kW)</b>					
Tipo de Uso: <b>Industrial</b>		669				CMIP	
CNPJ/CPF: <b>33.009.911/0338-19</b>		<b>Demanda Ultrapassagem (kW)</b>					
Insc.Est.: <b>108/0104817</b>		Consumo Contratado (kWh)					
Tensão Nominal: <b>69.000 Volts</b>		Consumo Ultr. (kWh)					
Limites Adequados: <b>65.550 a 72.450 Volts</b>		Fator de Carga		0,00			
		Fator de Potência					
		CAE: <b>424012030</b>					

Indicadores de Continuidade				Histórico de Consumos				Grandeza		Nº do Medidor		Leitura Anterior		Leitura Atual		Cte. de Medição		Total Medido			
Conjunto: Santa Cruz 1				Mês de Apuração: OUTUBRO / 2014				EUSD (R\$): 22.127,02		kWh Ponta (04)		53086777		3221784		3245541		1,4		43260	
				PERÍODO				FER		kWh Max. Ponta (10)		53086777		0		119		5,6		066	
				Ponta				Ponta		kWh Max. F. Ponta (14)		53086777		0		256		5,6		1434	
				F.Ponta				F.Ponta		kVAh Ponta (25)		53086777		129089		132692		1,4		5044	
				Ponta				Ponta		kVAh Fora Ponta (29)		53086777		117947		118470		140		73220	
				F.Ponta				F.Ponta		UFER Ponta (60)		53086777		356		356		1,4		0	
				Ponta				Ponta		UFER Fora Ponta (68)		53086777		52		52		140		0	
				F.Ponta				F.Ponta		DMCR Max. Pta (69)		53086777		0		0		1,4		0	
				Ponta				Ponta		DMCR Max. F. Pta (7)		53086777		0		0		1,4		0	
				F.Ponta				F.Ponta													
<b>DIC</b>				08/14	6266	7185	393155	3695160	3	0											
<b>FIC</b>				07/14	6630	7090	342309	3314640	0	0											
<b>DMIC</b>				06/14	6692	7750	379844	3916500	0	0											
<b>DICRI</b>				05/14	6642	7722	348513	3599540	322	5400											
<b>Meta: 0,00</b>				04/14	6328	7521	334148	3083640	133	980											
<b>Realizado DICRI (diário): 0,00</b>				03/14	1562	4642	58061	1137360	0	0											
				02/14	941	2094	42526	690760	0	0											
				01/14	818	1417	32326	415380	27	0											
				12/13	818	1355	32215	412860	0	280											

É direito do consumidor: receber compensação, de forma automática na fatura, quando a meta do indicador for ultrapassada e solicitar a apuração dos indicadores a qualquer tempo

Faturas pendentes de pagamento:

ICMS		Descrição		Quantidade	Tarifa (sem ICMS)	Valor em R\$
Base de Cálculo	27014,54	TUSD Energia Ponta		33260	0,019994	665,00
Aliquota %	17	TUSD Energia Fora Ponta		432880	0,019994	8.655,00
R\$	4.592,47	TUSD Demanda Ponta		669	6,679582	4.468,64
		TUSD Demanda Fora Ponta		1434	5,980431	8.575,93
		Encargo de Conexão - REN 399/2010		1		57,50
		ICMS				4.592,47
		Iaum. Puid. - Prefeitura Municipal				297,37
		PIS e COFINS (Já incluído no total da fatura - Resolução ANEEL nº 93/2005): R\$1.572,24				

Autenticação no Verso		Vencimento		Valor a Pagar em Reais	
Reservado ao Fisco: 88EB.A61D.8EF8.3CF3.EC9F.FFC6.D280.2870		11/12/2014		27.311,91	



Mês/Ano	Nº para arrecadação	Vencimento	Valor a pagar em Reais
DEZ/2014	00031452391102122014 28 06	11/12/2014	27.311,91

Autenticar no Verso

VALOR DE R\$ 27.311,91 SERA DEBITADO NA SUA CONTA BANCARIA NO DIA 11/12/2014