



III Simposio Internacional de historia de la electrificación.  
Ciudad de México, Palacio de Minería, 17 a 20 de marzo de 2015

## **COGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E A DINÂMICA DO SETOR SUCROALCOOLEIRO BRASILEIRO**

Celso LOCATEL

[celso.locatel@gmail.com](mailto:celso.locatel@gmail.com)

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Brasil

Murilo Oliveira MELO

[murilomelo94@outlook.com](mailto:murilomelo94@outlook.com)

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Brasil

### **Cogeração de energia elétrica e a dinâmica do setor sucroalcooleiro brasileiro (Resumo)**

Diante do crescimento econômico apresentando pelo Brasil, nas últimas décadas, a demanda por energia elétrica vem crescendo em proporção elevada. Soma-se a esse fato a preocupação com a questão ambiental e a busca pela redução dos custos de produção por parte de diversos segmentos industriais. É nesse contexto que ganha importância a produção de energia elétrica a partir de fontes alternativas. Entre estas, destaca-se o bagaço da cana de açúcar que tem ganhado relevância, por ser um resíduo do processamento agroindustrial das unidades de produção de álcool e açúcar no Brasil, e por se constituir na fonte de energia primária mais barata. Diante disso, observa-se uma expansão da produção de eletricidade no sistema de cogeração pelo setor sucroalcooleiro, o qual representa até 16% do ganho de lucratividade dos empreendimentos do setor. A produção de energia elétrica a partir do bagaço de cana-de-açúcar já representa 6,84% da produção brasileira, com grande potencial e perspectiva de crescimento.

**Palavras-chave:** Matriz energética Nacional, Cogeração de Energia, Setor Sucroalcooleiro, Produção de Cana, Brasil

### **Cogeneración de energía eléctrica y la dinámica del sector del azúcar y etanol en Brasil (resumen)**

El crecimiento económico que ha tenido Brasil en las últimas décadas ha hecho que la demanda de electricidad haya crecido de manera significativa. Sumado a ello, se debe considerar la creciente preocupación por las cuestiones ambientales y los esfuerzos para reducir los costos de producción de diversas industrias. En este contexto, ha tomado relevancia la producción de electricidad a partir de fuentes alternativas. Entre estas, la producida por el bagazo de la caña de azúcar que ha ganado importancia, tanto como un residuo del procesamiento agroindustrial de la azúcar y el etanol en las unidades de producción en Brasil, como por ser una significativa fuente de energía barata. Esto ha provocado la expansión de los sistemas de cogeneración de electricidad en el sector de la azúcar y el etanol, representando ésto, hasta el 16% de las ganancias de las empresas del sector. La producción de electricidad a partir del bagazo de la caña de azúcar ya

representa un 6,84% de la producción brasileña, con gran potencial y perspectivas de crecimiento.

**Palabras clave:** Matriz energética nacional, Cogeneración de energía, Sector de azúcar y etanol, Producción caña de azúcar, Brasil.

### **Energy cogeneration and the dynamic of brazilian sugarcane sector (Abstract)**

Bounded to the Brazilian economic growth, as seen on the last few decades, the electrical energy demand has been increasing at an elevated rate. Added to it are the environmental questions and the pursuit for lower costs of production on several industries. It is on this context that the need for energy production from alternative energy sources is highlighted. Among these alternative sources, the sugar cane bagasse has been having increased relevance, once it is a residue of the alcohol and sugar industries, and for being the cheapest primary energy source. Given this knowledge, an expansion of the cogeneration system of energy production by the sugarcane sector is evident, which represents up to 16% of the profit of this business. The energy production that comes from the sugarcane bagasse already represents 6.84% of Brazilian's total production, and has a large potential and expectation of growth.

**Key Words:** National energy matrix, Energy cogeneration, Sugarcane sector, sugarcane production, Brazil.

Diante do crescimento econômico apresentando pelo Brasil, nas últimas duas décadas, a demanda por energia elétrica vem crescendo em proporção elevada. Soma-se a esse fato a preocupação com a questão ambiental e a busca pela redução dos custos de produção por parte de diversos segmentos industriais.

Mesmo diante da grande quantidade de recursos econômicos investidos em infraestrutura de produção de energia elétrica, tanto estatais como de empresas privadas, sempre se verificou a busca pela autossuficiência por alguns consumidores de eletricidade<sup>1</sup>, tendo em vista uma certa instabilidade no fornecimento desse bem, pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)<sup>2</sup>, pois não raramente são registradas interrupções temporárias no fornecimento (blackouts). Diante

---

<sup>1</sup> Paterman Brasil, 2005.

<sup>2</sup> “Entre 2003 e 2004 o governo federal lançou as bases de um novo modelo para o Setor Elétrico Brasileiro (SEB), sustentado pelas Leis nº 10.847 e 10.848, de 15 de março de 2004, e pelo Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004. Em termos institucionais, o novo modelo definiu a criação de uma entidade responsável pelo planejamento do setor elétrico a longo prazo, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE); uma instituição com a função de avaliar permanentemente a segurança do suprimento de energia elétrica, o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE); e uma instituição para dar continuidade às atividades do Mercado Atacadista de Energia (MAE), relativas à comercialização de energia elétrica no Sistema Interligado, a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). Outras alterações importantes incluem a definição do exercício do Poder Concedente ao Ministério de Minas e Energia (MME) e a ampliação da autonomia do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)” (MME, 2014).

da competitividade e da necessidade de redução de custos de produção, as indústrias que possuem subprodutos combustíveis de baixo valor, ou mesmo resíduos, vem incorporando tecnologia para a conversão desses materiais em energia. Como exemplo, podemos citar o setor sucroalcooleiro que vem utilizando o bagaço de cana-de-açúcar para a cogeração de energia elétrica para o autoconsumo e para a venda do excedente, ampliando a rentabilidade das unidades de produção e colaborando com a geração de energia no país, uma vez que a eletricidade gerada a partir do bagaço de cana representa ~ 7% da geração total do Brasil.

Diante dessa realidade, o objetivo geral desse trabalho é analisar a dimensão da cogeração de energia elétrica pelo setor sucroalcooleiro, a partir da utilização de biomassa, em especial o bagaço de cana, e sua distribuição territorial no Brasil, assim como as implicações econômicas desse processo. Para tanto, adotamos como procedimentos metodológicos a realização de uma pesquisa bibliográfica acerca da produção de energia no Brasil e mais especificamente as energias renováveis a partir de biomassa, além do levantamento de dados sobre o setor, disponíveis no site oficial da Agência Nacional de energia Elétrica (ANEEL) e do Ministério de Minas e Energia (MME).

### **Matriz energética e capacidade produtiva de energia elétrica no Brasil**

Antes de analisarmos a produção de energia elétrica a partir da biomassa e, mais especificamente, do bagaço de cana-de-açúcar, resíduo gerado pelo setor sucroalcooleiro, faz-se necessário contextualizar essa fonte alternativa no contexto da matriz energética nacional.

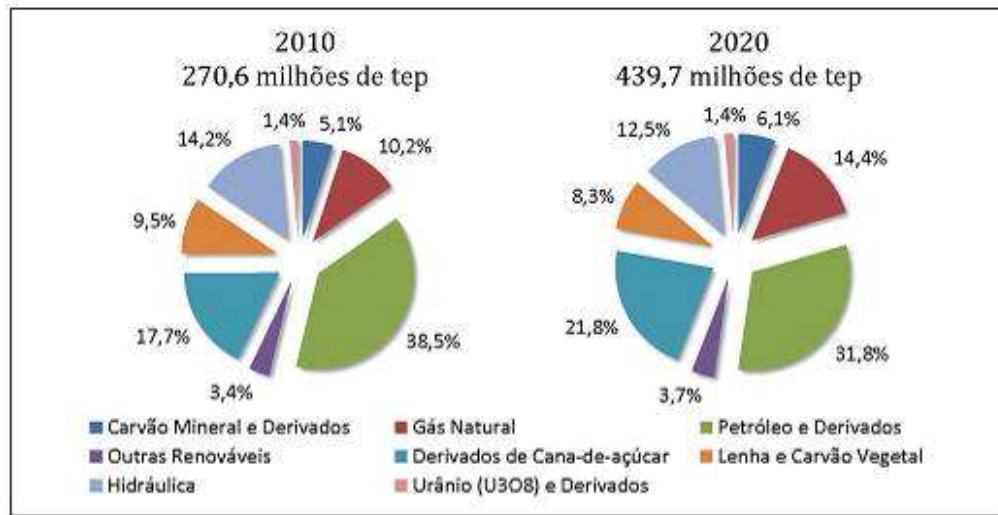
Notadamente, a matriz energética brasileira, ou seja, o conjunto das possíveis fontes energéticas do país, se configura de forma diversa. Com uma abundância de petróleo, água e recursos naturais em seu território, as possibilidades para o Brasil são muitas. Em contra ponto, há uma preocupação significativa com a produção de energia suficiente para o consumo interno, seguida da busca pela diminuição dos impactos ambientais. O que nos leva a pensar na inexorabilidade de um sistema energético planejado, que busque a eficiência e a racionalidade ambiental.

O modelo de produção energética utilizado para o Brasil, até hoje, tem se mostrado um tanto quanto contrário a conceitos de planejamento e racionalidade. Pois, num sistema baseado em combustíveis fósseis, “[...] há uma preocupação em relação a sua possível exaustão no futuro, além de outras consequências ambientais, visto que a queima dos combustíveis fósseis gera poluentes, trazendo mudanças climáticas”<sup>3</sup>.

Observando a Figura 1, verifica-se que das fontes energéticas do Brasil, em 2010, quase metade dessa matriz era proveniente de combustíveis fósseis (43,6%), ou seja, 38,5% do total era proveniente do petróleo e 5,1% do carvão mineral. Na sequência, temos a biomassa com 27,2%, que se divide em 17,7% de derivados da cana-de-açúcar e 9,5% da lenha/carvão vegetal. Além disso, 14,2% da matriz é proveniente de hidrelétricas, 10,2% de gás natural, 1,4% de urânio e 3,4 de outras fontes renováveis, como é o caso do biodiesel e das eólicas.

---

<sup>3</sup> Bernds et al. *apud* Innocente, 2011, p. 5.



**Figura 1- Composição da Matriz energética brasileira**

Fonte: EPE, 2011 – Blog engenheiros online (2012)<sup>4</sup>.

Obs.: A tonelada equivalente de petróleo (tep) é uma unidade de energia definida como o calor libertado na combustão de uma tonelada de petróleo cru, aproximadamente 42 gigajoules. Um barril de petróleo equivalente (bpe) contém aproximadamente 0,146 tep.

Dando atenção especial para a biomassa, que representa a segunda maior fonte de energia e que é do tipo não fóssil, percebe-se que a utilização de resíduos de cana-de-açúcar como fonte energética representava, em 2010, mais de um 17% de toda a energia disponível no país, sendo, inclusive, superior a produção hidrelétrica, quando vista de maneira geral.

Ao analisar as projeções para o ano de 2020, verifica-se que se espera uma expansão da participação dos derivados de cana-de-açúcar para 21,8% e do gás natural para 14,4%. Essa expansão da participação dos derivados da cana-de-açúcar deve-se, também, ao aproveitamento do bagaço como combustível em unidades termoeletricas, como será analisado em outra seção desse trabalho.

Considerando os últimos dados disponíveis (ano de 2013), segundo o Balanço Energético Nacional de 2014, produzido pelo MME (Ministério de Minas e Energias) em colaboração com a EPE (Empresa de Pesquisa Energética), o Brasil tem, na atualidade, uma oferta de 16,1% de derivados da cana de açúcar (álcool hidratado e eletricidade), resultado de um crescimento de mais de 3 pontos percentuais nos últimos 10 anos, frente a 12,5% de hidráulicas, que apresentou uma redução na participação na matriz nacional de 2 pontos percentuais; 8,3% de lenha e carvão vegetal e; 4,2% de outras fontes renováveis. Além disso, temos 39,3% de Petróleo e seus derivados; 12,8% de gás natural; 5,6% de carvão mineral e; 1,3% de urânio na categoria de fontes não renováveis (Quadro 1).

<sup>4</sup> Blog engenheiroonline. Brasil – Expectativas da Matriz Energética para 2013 e sua evolução até 2020. Disponível em:

<https://engenheiroonline.wordpress.com/2012/12/29/brasil-expectativas-da-matriz-energetica-para-2013-e-sua-evolucao-ate-2020/>. Acesso em: 10 nov. 2014.

**Quadro 1**  
**Brasil: Oferta interna de Energia, 2013**

<b>FONTES</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
<b>Energia não renovável</b>	<b>56,0</b>	<b>55,3</b>	<b>54,8</b>	<b>53,9</b>	<b>53,9</b>	<b>52,7</b>	<b>54,9</b>	<b>56,0</b>	<b>57,7</b>	<b>59,0</b>
Petróleo e derivados	39,3	38,8	37,9	37,5	36,7	37,9	37,8	38,6	39,3	39,3
Gás natural	8,9	9,4	9,6	9,3	10,3	8,8	10,2	10,2	11,5	12,8
Carvão Mineral e coque	6,3	6,0	5,7	5,7	5,5	4,6	5,4	5,7	5,4	5,6
Urânio (U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	1,5	1,2	1,6	1,4	1,5	1,4	1,4	1,5	1,5	1,3
<b>Energia renovável</b>	<b>44,0</b>	<b>44,7</b>	<b>45,2</b>	<b>46,1</b>	<b>46,1</b>	<b>47,3</b>	<b>45,1</b>	<b>44,0</b>	<b>42,3</b>	<b>41,0</b>
Hidroelétrica	14,5	14,9	14,9	14,9	14,1	15,2	14,0	14,7	13,8	12,5
Lenha e carvão vegetal	13,2	13,1	12,7	12,0	11,6	10,1	9,7	9,5	9,1	8,3
Derivados de cana-de-açúcar	13,5	13,8	14,6	15,9	17,0	18,1	17,5	15,7	15,4	16,1
Outras renováveis	2,8	2,9	3,0	3,2	3,4	3,9	3,9	4,1	4,0	4,2

Fonte: MME: EPE, 2014.

Percebe-se que mesmo havendo na última década um aumento da participação de fontes não renováveis de energia na matriz nacional, houve o crescimento da participação da biomassa e do gás natural. O aumento das fontes não renováveis deve-se principalmente ao aumento do gás natural e a redução da lenha e carvão vegetal, o que representa resultados positivos, pois isso contribui para a redução dos impactos sobre as florestas.

Cabe ressaltar que uma parte considerável da energia ofertada internamente no Brasil é proveniente da cana-de-açúcar, ou seja, mais de 16%. É notório o papel que a cana-de-açúcar e o setor sucroalcooleiro vêm exercendo na conjuntura energética do país, sendo necessário discutir o planejamento e a execução de um sistema de cogeração que viabilize a potencialização das fontes renováveis de energia e, em especial, da cana-de-açúcar. Ou seja, é preciso tornar, principalmente por meio de políticas públicas, a oferta de energias derivadas da cana-de-açúcar mais atrativa a potenciais geradores<sup>5</sup>, além de se fazer indispensável o estudo e a atenção das ciências sociais sobre esse movimento.

Considerando a produção e consumo apenas da energia elétrica no Brasil, observa-se a complexidade deste, pois o

...sistema produz a maioria de seus kWh's a partir da água, evidentemente, a produção potencial de alguns kWh's não podem ser garantidos, pois não há água suficiente. [...] Sejam quais forem as formas de produção de energia, por questões do predomínio hidroelétrico, de aspectos físicos, de critérios de garantia e de minimização de preços, todas as fontes conectadas ao sistema brasileiro, deixam de ser "independentes" e passam a se "referenciadas" ao conjunto de hidráulicas<sup>6</sup>.

Sendo assim, a cada ano de atipicidade no regime pluviométrico do território nacional, com geração de déficit hídrico maior que a média, surge uma instabilidade no setor que, não raramente, se desdobra em problemas de abastecimento, além de exigir a entrada em operação

<sup>5</sup> Oddone, 2001.

<sup>6</sup> D'araújo, 2009, p. 66.

das termoelétricas, que utilizam combustíveis fósseis, aumentando o custo de produção e elevação na emissão de poluentes.

A matriz elétrica brasileira apresenta uma estrutura bastante pulverizada, formada por 3.152 empreendimentos geradores, totalizando 127.940.555kW de potência instalada, de acordo com dados do MME/EPE (2014). Desse total de empreendimentos, 1122 são hidroelétricas, divididas em três categorias: a) micro usinas hidroelétricas, que somam 449 unidades e representa 0,22% do potencial instalado nacional; b) pequena central hidrelétrica, que representam 477 unidades de produção, perfazendo 3,65% da potencia instalada; c) usina hidrelétrica de energia, que correspondem a 196 empreendimentos e são responsáveis por 63,94% da potência instalada no Brasil. As hidroelétricas foram responsáveis pela capacidade de produção de 67,8% da energia no território nacional, em 2013 (Quadro 2).

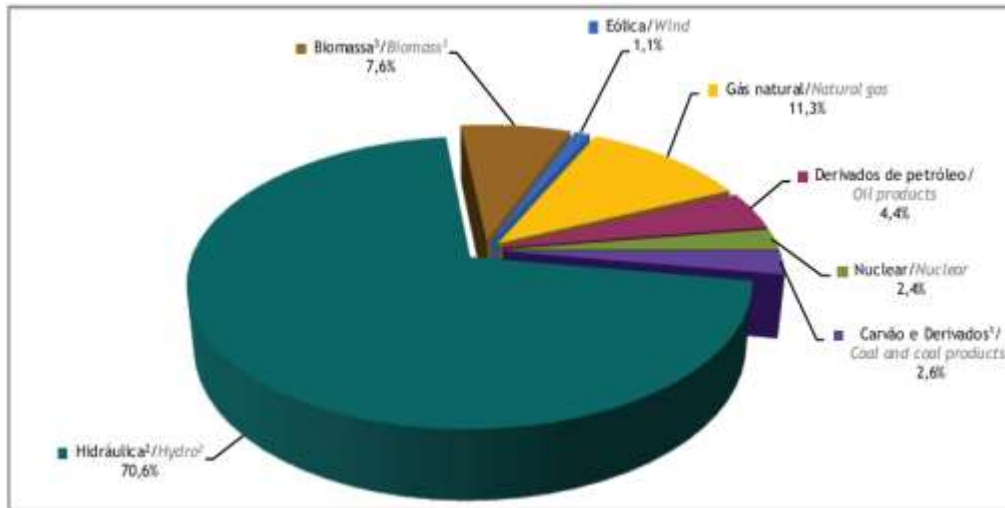
**Quadro 2**  
**Empreendimentos de geração em operação no Brasil – 2013**

Tipo	Quantidade	Potência Instalada (kW)	Produção (%)
Micro Usinas Hidrelétricas (menor que 1MW)	449	275.195	0,22
Pequena Central Hidrelétrica (entre 1 MW e 30 MW)	477	4.669.842	3,65
Usina Hidrelétrica de Energia (maior que 30 MW)	196	81.801.323	63,94
Usina Termelétrica de Energia (Fósseis ou Biomassa)	1.824	36.756.810	28,73
Central Geradora Eolielétrica (Eólica)	117	2.441.176	1,91
Usina Termonuclear (Nuclear)	2	1.990.000	1,56
Usina Fotovoltaica (Solar)	87	6.209	0,00
Total	3.152	127.940.555	-

Fonte: MME: EPE, 2014.

As termoelétricas representam 28,73% do potencial instado no Brasil, totalizando 1.824 empreendimentos, sendo que 386 (21,2%) dessas unidades de geração de energia utilizam bagaço de cana-de-açúcar como fonte de combustão, que podem produzir até 9.855.722 kW, ou seja, 25% da energia termoelétrica produzida no país. O restante da potência instalada, aproximadamente 3,5%, corresponde às unidades eolielétricas (parques eólicos), com 1,91% da potência instalada, as termonucleares que representam 1,56% da capacidade produtiva brasileira, no ano de 2013. As unidades fotovoltaicas ainda não têm capacidade de produção significativa no contexto nacional.

Quando se analisa a geração efetiva de energia no Brasil, no ano de 2013, verifica-se que 70,6% provem de fonte hidráulica (hidroelétrica), 2,4% de fonte nuclear (termonuclear), 1,1% de fonte eólica. Os outros 25,9% da produção se efetivou em empreendimentos termoelétricos, sendo 7,6% de biomassa, 11,3% de gás natural, 4,4% de derivados de petróleo e 2,6% de carvão e derivados (Figura 2).



**Figura 2 – Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte – 2013**

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética, 2014.

Esse cenário da produção de energia elétrica no Brasil é resultante do direcionamento da política energética nacional. A esse respeito, Ventura Filho (2013) afirma que

O planejamento da expansão da oferta de energia elétrica no Brasil priorizou a exploração do potencial de geração hidrelétrica disponível nas bacias hidrográficas das regiões Sudeste, Sul e Nordeste, onde a infraestrutura para o seu aproveitamento era de mais fácil acesso. O potencial remanescente, além de situar-se em bacias hidrográficas mais distantes dos grandes centros de consumo está, em grande parte, localizado na Região Norte, que apresenta pouca declividade, com rios que se caracterizam como de planície. Neste sentido, torna-se difícil planejar e construir grandes reservatórios de regularização plurianual, nos rios da Região Norte, pela inexistência de locais adequados sem implicar áreas inundadas excessivas, com profundidades médias reduzidas.

Mesmo diante do fato de não se considerar os rios da região norte muito propícios para a instalação de unidades de produção hidroelétrica, existem megaprojetos em execução como, por exemplo, a usina de Belo Monte, que está sendo construída no rio Xingu e a usina de Jirau, no rio Madeira. Essas duas usinas tem sido alvo de críticas por parte de ambientalistas e de entidades de proteção aos direitos humanos, uma vez que as áreas atingidas com o enchimento dos reservatórios destruirão grandes extensões da Floresta Amazônica, além de inundarem territórios indígenas, desalojando esses povos dos seus lugares de origem, não obstante sua cultura milenar.

No entanto, mesmo diante dos investimentos que vem sendo feito no setor hidroelétrico, o mesmo não é mais suficiente para atender a demanda interna de energia elétrica no Brasil, sendo necessária a utilização de outras fontes, em especial as renováveis.

De forma sintética, de acordo com a Abradee (2014), o setor elétrico brasileiro se caracteriza por:

- Desverticalização da indústria de energia elétrica, com segregação das atividades de geração, transmissão e distribuição.
- Coexistência de empresas públicas e privadas.
- Planejamento e operação centralizados.

- Regulação das atividades de transmissão e distribuição pelo regime de incentivos, ao invés do “custo do serviço”.
- Regulação da atividade de geração para empreendimentos antigos.
- Concorrência na atividade de geração para empreendimentos novos.
- Coexistência de consumidores cativos e livres.
- Livres negociações entre geradores, comercializadores e consumidores livres.
- Leilões regulados para contratação de energia para as distribuidoras, que fornecem energia aos consumidores cativos.
- Preços da energia elétrica (commodity) separados dos preços do seu transporte (uso do fio).
- Preços distintos para cada área de concessão, em substituição à equalização tarifária de outrora.
- Mecanismos de regulação contratuais para compartilhamento de ganhos de produtividade nos setores de transmissão e distribuição.

A partir dessas características, verifica-se que o setor elétrico torna-se extremamente complexo, com a atuação de muitos agentes, a maioria hegemônicos, constituindo um círculo de cooperação, e ampliando as vantagens econômicas dos mesmos.

O setor de produção de energia elétrica, a partir da década de 1990, passou por mudanças estruturais em sua forma de operação, houve uma separação entre a geração, transporte e comercialização de energia, etapas que passam ser administradas e operadas por agentes distintos<sup>7</sup>.

Tal círculo de cooperação se estabelece a partir da configuração dos circuitos espaciais de produção de energia<sup>8</sup>, definindo as relações de base para a empresa, uma vez que o planejamento, a articulação e a execução dos projetos hegemônicos se estabelecem em consonância com a acomodação dos interesses dos agentes hegemônicos, que posteriormente vão garantir a interlocução entre os agentes e os lugares.

Os círculos de cooperação,

Constituem a orientação técnica que vem pelas empresas e instituições, as informações e ordens repassadas, sobretudo, pelas grandes multinacionais, o financiamento emitido pelos grandes agentes financeiros e a orientação macroeconômica das políticas governamentais<sup>9</sup>.

Nessa perspectiva, o círculo de cooperação estabelecido pelos agentes dos circuitos espaciais de produção de energia elétrica se configura a partir da atuação dos agentes governamentais, entre eles o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), Ministério de Minas e Energia (MME), Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE). Ainda, as ações regulatórias e de

---

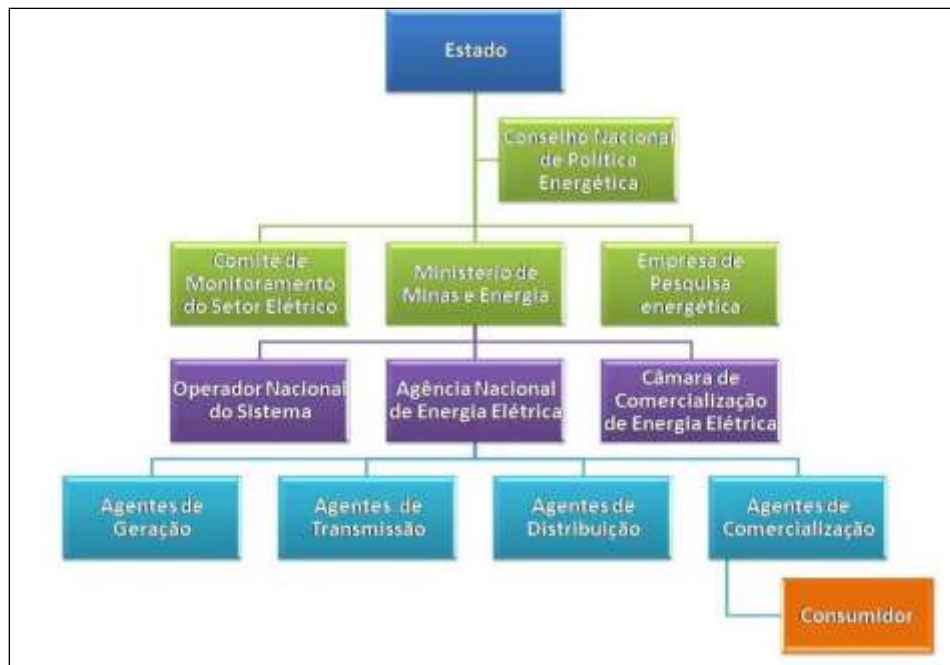
<sup>7</sup> Abradee, 2014.

<sup>8</sup> Nesse caso, trata-se de circuitos espaciais, no plural, pois a produção de energia elétrica se dá em empreendimentos de natureza diferente que, para chegar ao produto final, no caso a energia, necessitam de tipos diferentes de técnicas e equipamentos, de mão-de-obra, de materiais primas etc. Entre os principais circuitos de produção de energia elétrica pode-se destacar o hidroelétrico, o termoelétrico, o termonuclear e o eólico, sendo que o termoelétrico se subdivide de acordo como as fontes de combustíveis. Sendo assim, pode-se considerar que a produção de energia elétrica se realiza em circuitos espaciais de produção complementares, que se fundem na instância da transmissão-distribuição, que se realiza a partir de um sistema nacional integrado.

<sup>9</sup> Botelho, 2010, p. 51.



fiscalização são exercidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)<sup>10</sup>. As ações de planejamento, operação e contabilização são exercidas por empresas públicas ou de direito privado sem fins lucrativos, como a Empresa de Pesquisa energética (EPE), Operador Nacional do Sistema (ONS) e Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). Por fim, as atividades permitidas e reguladas são exercidas pelos demais agentes do setor, a saber: geradores (3.152 empreendimentos, dos quais nos interessa mais diretamente 386, que são as usinas de álcool e açúcar que atuam como co-geradoras de energia), transmissores e distribuidores (77 concessionárias) e comercializadores (100 empresas) (ABRADEE, 2014) (Figura 3).



**Figura 3 – Esquema simplificado da relação entre os agentes componentes do círculo de cooperação na produção de energia elétrica no Brasil**

Fonte: Elaboração própria

Com base no exposto, entende-se que

<sup>10</sup> O principal organismo de regulação desse setor é a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), vinculada ao Ministério das Minas e Energia. Esta autarquia em regime especial foi criada pela Lei no 9.427, de 26 de Dezembro de 1996 e tem como atribuições: regular e fiscalizar a geração, a transmissão, a distribuição e a comercialização da energia elétrica; conceder permissão e autorizar instalações e serviços de energia; estimular a competição entre os operadores e assegurar a universalização dos serviços (Conab, 2011, p. 15).

Os círculos de cooperação são essenciais por permitirem colocar em conexão as diversas etapas, espacialmente separadas, da produção, articulando os diversos agentes e lugares que compõem o circuito espacial de produção<sup>11</sup>.

A conexão das diferentes etapas ou instâncias da produção de energia elétrica se dá a partir de um conjunto de normas necessárias para o funcionamento do setor. Entre os agentes normatizadores, merece destaque o Estado, através de agências e órgãos, de onde surge as leis e regras de funcionamento do setor, aspecto que será focado no próximo tópico.

### **Marco Legal e cogeração de energia**

Tomando as normas como ações reguladoras que têm um papel fundamental nas ações e no comportamento entre os agentes da sociedade, e como dinâmicas estruturadoras da realidade<sup>12</sup>, se faz necessário entender como se configura a legislação que rege o setor elétrico brasileiro, sobretudo para o setor sucroalcooleiro, observando-se como funcionam os leilões de energia no país.

Nesse sentido, tomaremos como ponto de referência o ano de 2004, quando o Estado brasileiro definiu um novo modelo institucional para o setor energético nacional. Durante este ano, foram criadas legislações que regulamentavam a geração, utilização, comercialização e fiscalização do setor energético. Dentre elas, temos a Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, que autorizou a criação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que tem a finalidade de subsidiar o planejamento do setor energético, através de estudos e pesquisar sobre o setor em sua totalidade; a Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004 que dispõe sobre a forma de relacionamento contratual entre os concessionários e consumidores do setor de energias; além do Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004, que regulamenta o processo de venda, autorização e outorga de concessões e geração de energias.

Tratando-se especificamente do setor sucroalcooleiro, a Lei nº 4.870, de 01 de dezembro de 1965, revisada no ano de 2013, é a norma base para a efetivação legal da produção, bem como do preço, fornecimento, financiamento e assistência aos trabalhadores do setor. De acordo com essa lei, “os aumentos ou reduções de quota de produção de açúcar no País serão fixados pelo Instituto do Açúcar e do Alcool (I.A.A.), tendo em vista as necessidades de consumo interno e as possibilidades de exportação para o mercado internacional”<sup>13</sup>.

Essa lei estipulava, no seu artigo 34, que “o Presidente do I.A.A., mediante autorização do Ministro da Indústria e do Comércio, realizará com o Banco Central, o Banco do Brasil e outros estabelecimentos de crédito, as operações financeiras necessárias à execução dos programas de defesa da produção e escoamento das safras”<sup>14</sup>. Além da proteção institucional do I.A.A., o setor sucroalcooleiro conta com uma série de esforços do governo para ampliação de crédito e subsídios. Em 2013, por exemplo, o Estado anunciou medidas que estimulariam o crescimento e manutenção do setor.

---

<sup>11</sup> Castillo; Frederico, 2010, p. 464.

<sup>12</sup> Santos, 2000.

<sup>13</sup> Brasil, lei nº 4.870, 1965, art. 1.

<sup>14</sup> Brasil, lei nº 4.870, 1965.

Antes disso, foi criada a lei nº 12.666, de 14 de junho de 2012, uma conversão da medida provisória nº 554 de 2011, que acrescia os artigos 4º-A, 4º-B e 4º-C à Lei nº 11.110, de 25 de abril de 2005. Segundo a nova lei “Fica a União autorizada a conceder subvenção econômica sob a forma de equalização de parte dos custos a que estão sujeitas as instituições financeiras para contratação e acompanhamento de operações de microcrédito produtivo orientado”<sup>15</sup>. De acordo com o parágrafo primeiro do referido capítulo, essa subvenção ficaria limitada ao valor de R\$500.000.000 (quinhentos milhões de reais) por ano e caberia as instituições financeiras relacionadas executar ações de crédito orientado. Dessa forma, o Estado garante ao setor agroenergético, e mais especificamente ao sucroalcooleiro, crédito farto e barato, garantindo alta margem de lucro para as empresas do setor.

Já o 2º. artigo da lei nº 12.666, de junho de 2012 prevê que:

É a União autorizada a conceder subvenção econômica às instituições financeiras oficiais federais, sob a forma de equalização de taxas de juros, nas operações de financiamento para a estocagem de álcool combustível e para renovação e implantação de canaviais, com os objetivos de reduzir a volatilidade de preço e de contribuir para a estabilidade da oferta de álcool<sup>16</sup>.

Essa subvenção poderia utilizar recursos da Contribuição de Intervenção no Domínio Econômico – CIDE, da Poupança Rural ou de outras fontes definidas pelo Conselho Monetário Nacional (CMN). As medidas de incentivo ao setor sucroalcooleiro, anunciadas pelo governo em abril de 2013 visavam a sua expansão e foram impulsionadas, por exemplo, pela redução das

[...] taxas de juros do Proreforma, linha de financiamento do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) destinada à renovação e criação de novos canaviais. Em 2012, a taxa para esta linha de crédito estava em 8,5% a 9,5% e passou para 5,5% ao ano, com prazo de pagamento de 72 meses e 18 meses de carência<sup>17</sup>.

Com isso, o setor energético sucroalcooleiro recebeu grande ajuda para o crescimento da produção, tanto de açúcar e álcool, quanto de eletricidade. Além de contribuir para a consolidação de um sistema energético, desde então, as agroindústrias sucroalcooleiras vêm mostrando força e tomando lugar nos leilões de energias.

Nessa perspectiva,

Os leilões dos empreendimentos de geração e de transmissão de energia elétrica, além de contribuir para a modicidade tarifária, são fundamentais para a implantação dos programas de obras. A expansão dos sistemas energéticos se viabiliza após a licitação, com os leilões dos empreendimentos. São, então, definidos os contratos de compra e venda da energia, entre os agentes de geração e de distribuição, com garantias de recebimento das receitas financeiras previstas nos contratos, o que reduz as incertezas para o empreendedor. Isto disponibiliza capitais públicos e privados e facilita a obtenção dos financiamentos de instituições

<sup>15</sup> Brasil, lei nº 12.666, 2012, art. 4º-A.

<sup>16</sup> Brasil, lei nº 12.666, 2012.

<sup>17</sup> Presidência da República, Governo anuncia medidas de incentivo para setor sucroalcooleiro e indústria química. 2013. Disponível em: <<http://www2.planalto.gov.br/excluir-historico-nao-sera-migrado/governo-anuncia-medidas-de-incentivo-para-setor-sucroalcooleiro-e-industria-quimica>>. Acesso em: 14 dezembro 2014).

financeiras, como o BNDES e outras, para a implantação dos diversos empreendimentos do setor elétrico. Assim, a expansão do sistema de geração e de transmissão tem sido viabilizada, acompanhando a evolução das demandas dos consumidores, preservando a segurança energética do suprimento ao mercado, ao longo dos anos no futuro<sup>18</sup>.

Estes leilões são fiscalizados e coordenados pela própria ANEEL que propõe o edital de licitação com a definição do dia do leilão, cabendo à Superintendência de Concessões e Autorizações de Geração (SGC) e à Comissão Especial de Licitação (CEL) acompanharem todo o processo licitatório. O edital é submetido a diversas análises técnicas, sendo posteriormente publicado. A partir daí, o leilão segue um cronograma estipulado no edital, que só acaba com a aquisição de um preço baixo, com maior eficiência e economia.

Cabe destacar que o marco regulatório que organizou a produção independente de energia elétrica no Brasil foi a Lei 9.074/95. Destarte,

nessa Lei foram instituídas as figuras do Produtor Independente de Energia Elétrica, do Autoprodutor e dos Consumidores Livres com livre acesso aos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica existentes. A partir desse dispositivo os produtores puderam comercializar a energia gerada diretamente com as empresas distribuidoras e com os consumidores caracterizados como Consumidores Livres<sup>19</sup>.

Legalmente, a partir da Lei 9074/95 definiu-se “Produtor Independente” como “pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebam concessão ou autorização do poder concedente, para produzir energia elétrica destinada ao comércio de toda ou parte da energia produzida, por sua conta e risco”. Já “autoprodutor” foi definido pelo Decreto 2003/96 como “o titular de concessão, permissão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao seu uso exclusivo”. Sendo assim, a diferença entre “produtor independente” e “autoprodutor” se estabelece pelo “Ato Autorizativo” do primeiro, que já vem implícita a autorização para comercializar seus excedentes de energia elétrica<sup>20</sup>.

A Lei nº 10.438/02, de 26 de abril de 2002, criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA<sup>21</sup>, alterada pela Lei nº 10.762/03, de 11 de novembro de 2003, o qual contou com recursos financeiros do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) na ordem de R\$ 5,5 bilhões, para investimentos em unidades de produção de energia elétrica. O Programa estabelece que o BNDES pode participar com até 70% do custo do empreendimento, sendo a taxa de juros de 3,5% ao ano, com um prazo de carência de seis meses após o empreendimento ter entrado em operação, e prazo de amortização de 10 anos. Se consideramos a média de inflação registrada no país na última década verificamos que trata-se de um mecanismo de subsídio (ou transferência de recursos públicos)

---

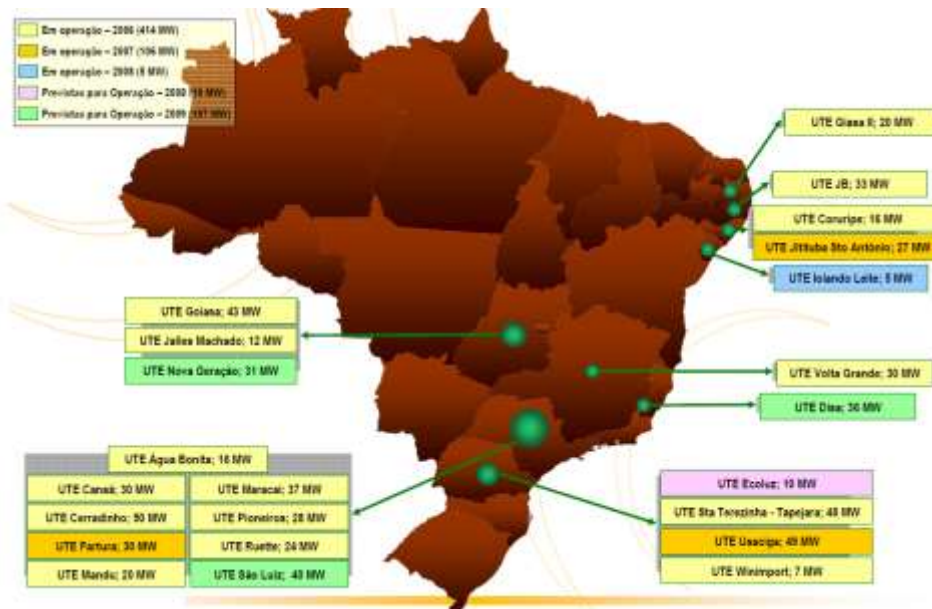
<sup>18</sup> Ventura Filho, 2013.

<sup>19</sup> Patrício Da Silva, 2011, p. 03.

<sup>20</sup> Patrício Da Silva, 2011.

<sup>21</sup> O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), conforme descrito no Decreto nº 5.025, de 2004, foi instituído com o objetivo de aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos concebidos com base em fontes eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCH) no Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN). De acordo com a Lei n.º 11.943, de 28 de maio de 2009, o prazo para o início de funcionamento desses empreendimentos encerra em 30 de dezembro de 2010.

para as empresas de produção de energia a partir de fontes alternativas. Parte desses recursos foi captada pelos empreendimentos sucroalcooleiros para a instalação de equipamentos modernos de geração de eletricidade. Foram financiados 23 empreendimentos com recurso do PROINFA, com uma capacidade de produção de 642 MW (Figura 4).



**Figura 4. Usinas termelétricas (que utilizam biomassa) que receberam financiamento do PROINFA**

Fonte: MME/EPE, 2008

Conclui-se que a normatização é um importante componente de regulação no caso da produção energética brasileira, sobretudo para o setor sucroalcooleiro que se beneficia das ações empreendidas pelo Estado e tem intensificado sua atividade, tornando-se capaz de atingir patamares mercadológicos elevados, além de cooperar no processo de abastecimento energético e modicidade tarifária, através dos leilões.

### O setor sucroalcooleiro e o Proálcool

Para a análise final pretendida, que concerne em entender a dimensão da cogeração de energia elétrica pelo setor sucroalcooleiro, a partir da utilização de biomassa, faz-se necessária a caracterização desse setor no Brasil.

O setor sucroalcooleiro brasileiro tem significativa importância no contexto da economia nacional, por ser o açúcar um dos principais produtos de exportação e por ser o álcool hidratado parte da matriz energética, utilizado como combustível na frota de veículos do país. Esse setor, a partir da década de 1970, vem recebendo expressivos incentivos financeiros do Estado, o que contribuiu para sua reestruturação e expansão. Essa reestruturação foi viabilizada a partir da implantação do Programa Nacional do Alcool (Proálcool), instituído pelo Decreto nº 76.593, de 14 de novembro de 1975, que provocou a alteração do setor, tornando o álcool carburante o produto mais importante do segmento. A criação do Proálcool, que veio dinamizar o setor

agroindustrial sucroalcooleiro, associa-se de algum modo a dois problemas econômicos, a crise energética do modelo de desenvolvimento brasileiro, causada pela elevação dos preços do petróleo em 1973 e a crise conjuntural apresentada pelo segmento produtor de açúcar, devido à forte queda do preço do produto no mercado internacional.

O Proálcool, quando implantado tinha como principal objetivo estimular a produção do álcool no Brasil, a fim de atender as demandas do mercado interno e externo. Para tanto, ocorreram algumas transformações no setor, podendo-se destacar a expansão de áreas agrícolas voltadas para a produção de energia, a modernização e implantação de destilarias, que podiam ser anexas às usinas ou mesmo autônomas, além da implantação de novos estabelecimentos de armazenamento da produção.

Dentre outras ações, o Proálcool trouxe dinamicidade ao setor agroindustrial canavieiro, uma vez que este estava enfrentando dois grandes problemas: (1) a crise energética gerada pelo modelo produtivista brasileiro, em função da (2) elevação dos preços do petróleo no mercado mundial, por causa da crise de 1973.

É importante ressaltar que a implantação desse programa desde o início trouxe benefícios apenas para os usineiros, pois estes possuem grande influência e poder junto ao Estado, de modo a carrear recursos e investimentos para o setor e até mesmo suscitar o refinanciamento das dívidas de muitos usineiros e das indústrias ligadas ao setor. Ações como esta justificam a afirmação de Locatel e Azevedo (2008, p. 22), quando estes colocam que “o Proálcool surge como tábua de salvação para o setor”.

No período de execução do Proálcool, a canalização de recursos e as condições de financiamento para o setor agroindustrial – ampliação, reequipamento e implantação de destilarias – e agrícola – custeio e investimento – sofreu alterações, o que possibilita a identificação de quatro etapas distintas quanto ao fluxo de recursos financeiros que são: a primeira etapa, de 1975 a 1979; a segunda etapa, de 1980 a 1984; a terceira etapa, de 1985 a 1989 e; a quarta etapa, de 1990 aos dias atuais, de acordo com Thomaz Jr (1996).

A primeira etapa consistiu na implantação de uma estrutura produtiva que possibilitou a produção de álcool hidratado para ser utilizado como carburante. A segunda, representou o momento da consolidação do Programa, com a adoção de políticas de Estado de incentivo à produção de automóveis com motores a álcool. A terceira fase caracteriza-se pela crise vivida pelo setor, devido a redução dos incentivos públicos. A quarta e última fase marca a reestruturação do setor, mediante um conjunto de políticas públicas (Quadro 3). É justamente na etapa atual que a cogeração de energia se converte em mecanismo de diversificação das atividades econômicas das agroindústrias.

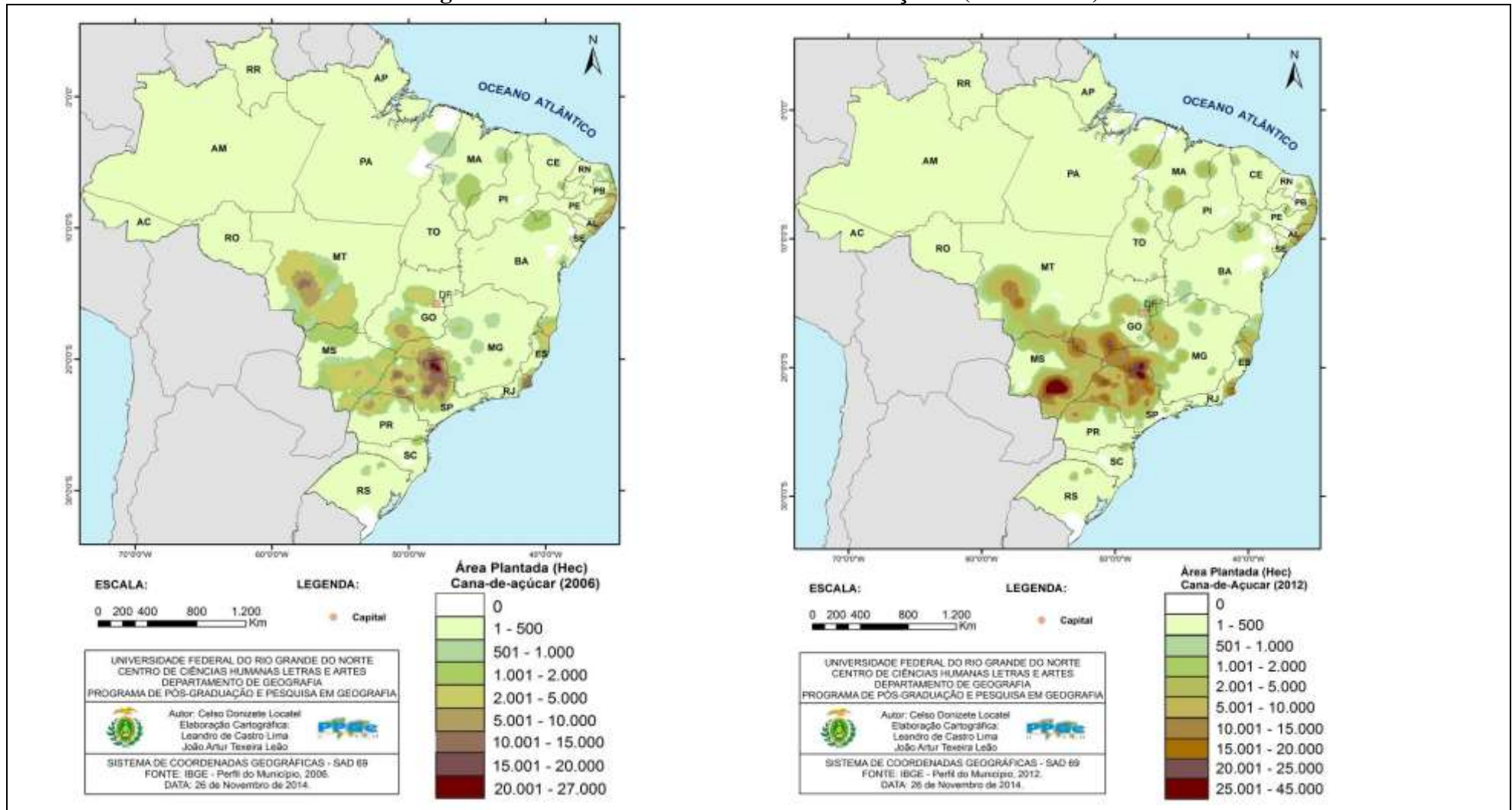
**Quadro 3**  
**As Quatro Fases do Proálcool**

1º fase (1975 a 1979)	Implantação do Proálcool, marcada pelo investimento na criação e melhoria de destilarias, destacando-se o estado de São Paulo.
2º fase (1980 a 1984)	Consolidação do Programa em escala nacional, com a produção de álcool que serviria para substituir a gasolina.
3º fase (1985 a 1989)	Crise do Setor, em função da redução de recursos pelo Estado e redirecionamento da produção para o açúcar, por ser mais lucrativo.
4º fase (1990 a atual)	Os empresários do Setor exigem do Estado a renegociação das dívidas e a liberação de mais recursos, retomando o crescimento na última década.

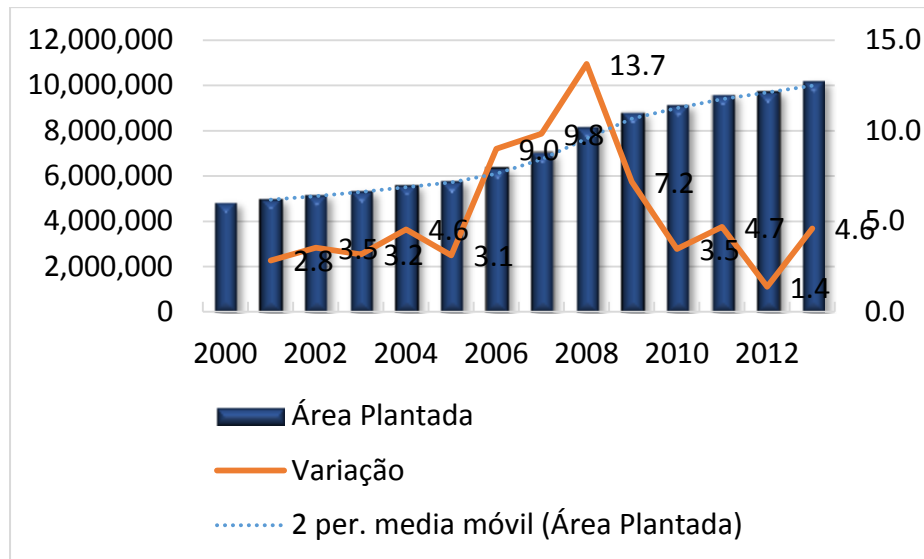
O Brasil é o maior produtor mundial de etanol, utilizando como matéria-prima a cana-de-açúcar, e o segundo maior na produção total, perdendo apenas para os EUA. Quanto a produção mundial de açúcar, o país é responsável por 25% da produção e por 20% das exportações. De acordo com dados do IBGE, em 2012, o país possuía uma área cultivada de 9.752.328 hectares, e uma quantidade colhida de 721 milhões de toneladas na safra 2011/2012. A área cultivada com esta cultivar corresponde à 10% da área plantada com agricultura no Brasil no mesmo período.

Entre 2006 e 2012 observa-se uma ampliação expressiva na área cultivada com cana de açúcar, na ordem de 34,5%, apresentando um aumento absoluto de 3.361.854 hectares. A expansão desse cultivo se deu principalmente nas regiões Sudeste e Centro Oeste do país, com destaque para os estados de Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais e São Paulo. Com menos expressividade, verificamos a expansão também nos estados de Mato Grosso, Tocantins, Maranhão e Pará (Figura 5). A expansão nesses últimos estados indica a incorporação de novas áreas de floresta tanto no domínio morfoclimático do Cerrado quanto Amazônico, o que tem gerado sérios impactos ambientais, como desmatamento e degradação de solos e mananciais. O aumento da área cultivada com cana vem aumentando a uma taxa de aproximadamente 5% ao ano desde 2000, com picos nos anos de 2006 a 2009 (Figura 5). Este fato que está relacionado a uma redução nos estoques mundiais de açúcar na ordem de 11%, devido a redução da produção em outros países produtores, o que se fez refletir na elevação dos preços desse produto no mercado mundial, atingindo o valor máximo de US\$ 589,20 em 2001.

Figura 5. Brasil: área cultivada com cana de açúcar (2006 – 2012)







**Figura 6. Brasil: Área ocupada com cana de açúcar, 2000 a 2013.**  
Fonte: IBGE: Produção Agrícola Municipal (2000-2013)

Atualmente existem no Brasil 409 agroindústrias sucroalcooleiras, das quais 386 tem potencial instalado, e outorgado pela ANEEL, para a geração de energia elétrica. A distribuição espacial dessas unidades de produção encontra-se extremamente concentrada no Centro-Sul do país, onde se destacam os estados de São Paulo, com 176 usinas, Minas Gerais com 40 unidades, Goiás com 35, Paraná com 30 e Mato Grosso do Sul com 22. Observa-se também uma concentração de agroindústrias desse setor no Nordeste, com destaque para os estados de Alagoas, com 35 empresas instaladas, Pernambuco com 18, Paraíba com 08, Bahia com 06, Sergipe com 05 e Rio Grande do Norte com 02. De acordo com o ProCana<sup>22</sup>, o setor sucroalcooleiro foi responsável por aproximadamente 2% do PIB nacional e por 31% do PIB da agricultura no Brasil em 2012.

A atividade canavieira sempre se caracterizou pelo forte poder econômico e político exercido pelos usineiros, por conseguinte, pelo acesso fácil aos recursos públicos. Desse modo, vemos que a estrutura do complexo canavieiro segue apoiada na manutenção do poder econômico e político dos usineiros, no direcionamento das políticas públicas para atender aos interesses desses agentes hegemônicos e na incorporação de novas terras para a expansão da área plantada, gerando mais desigualdade social, portanto maior segregação socioespacial.

### A coprodução de energia a partir do bagaço da cana

Na atualidade o circuito espacial de produção de cana-de-açúcar, conta com a produção de álcool combustível e a cogeração de energia elétrica a partir do bagaço, esta última se constituindo-se na principal fonte de energia renovável do Brasil, considerando o montante produzido.

A cogeração é uma alternativa aplicável para determinados usuários de energia, que pode, em determinadas condições, viabilizar economicamente a autoprodução desse recurso<sup>23</sup>. A cogeração de energia é considerada como a geração simultânea e combinada de energia térmica e energia elétrica ou mecânica, a partir de uma mesma fonte. A vantagem principal é o maior aproveitamento da energia contida na fonte, reduzindo consideravelmente os custos de produção da energia nas duas formas citadas.

<sup>22</sup> Empresa de gestão de informação. Ver <<http://www.jornalcana.com.br/procana-brasil/>>

<sup>23</sup> Paterman Brasil (2005)

A cogeração é definida como o processo de transformação de uma forma de energia em mais de uma forma energética<sup>24</sup>. No caso específico da cogeração em unidades agroindustriais trata-se do processo simultâneo da forma de energia mecânica (movimentar máquinas, equipamentos e turbinas de geração de energia elétrica) e a térmica (geração de vapor). Esse processo apresenta alta eficiência energética, pois não há o desperdício de energia térmica (como ocorre nas termoelétricas puras), pois essa energia é utilizada em processos industriais, como secagem, evaporação, aquecimento, cozimento e destilação<sup>25</sup>.

A cogeração de energia elétrica a partir do bagaço de cana-de-açúcar é recente. Tais resíduos representam 25% a 30% do peso da cana processada com 50% de umidade, recurso esse que passou a ser utilizado nas usinas para geração de calor, substituindo a lenha ou o carvão. O aumento do custo da energia, seja ela elétrica ou de petróleo, tornou mais atraente a utilização do bagaço de cana-de-açúcar para a cogeração de energia elétrica<sup>26</sup>.

Segundo dados da ANEEL (2013) existia no Brasil, em 2012, 378 empreendimentos produzindo energia elétrica a partir do bagaço de cana, com capacidade instalada de 9.390.071 kW, o que representa 6,84% da capacidade instalada brasileira. Essa capacidade é superior a todas as outras fontes de biomassa, de carvão mineral e eólico, perdendo apenas para o potencial instalado de hidrelétricas e de termoelétricas que utilizam gás natural.

Nesta análise constatou-se que a produção de energia elétrica, a partir de bagaço de cana-de-açúcar, no sistema de cogeração, apresentou um aumento de mais de 500% nos últimos 10 anos, e que a possibilidade de comercialização de energia por essas agroindústrias estimulou a busca pela renovação tecnológica das plantas industriais, uma vez que a produção de energia exige estruturas produtivas mais eficientes e modernas.

Do ponto de vista geográfico, verifica-se que há uma concentração desse tipo de empreendimento na região Centro-Sul do país, tornando essas empresas mais eficientes e competitivas no mercado, o que tem provocado uma redefinição territorial do setor sucroalcooleiro nacional.

Considerando que a produção de energia elétrica a partir do bagaço da cana-de-açúcar se realiza no sistema de cogeração, verifica-se o maior potencial instalado no estado de São Paulo, com 197 empreendimentos desse tipo, uma vez que é esta unidade da federação que tem o maior número de usinas de álcool e açúcar, logo, apresenta maior disponibilidade dessa matéria-prima para a produção de energia elétrica a partir dessa fonte. Na Figura 7 pode-se verificar a distribuição espacial das unidades sucroalcooleiras cogedoras de energia elétrica no Brasil. Em termos de potencial instalado, São Paulo lidera com 5.261.406 kW/h (53% da capacidade instalada), seguido por Minas Gerais com 1.121.180 kW/h (11% da capacidade instalada), Goiás com 1.065.300 kW/h (10% da capacidade instalada), Mato Grosso do Sul com 833.847 kW/h (8% da capacidade instalada) e Paraná com 463.365,00 kW/h (4,7% da capacidade instalada). Ainda merece destaque o potencial instalado nos estados de Pernambuco, com 296.710 kW/h (3,0% da capacidade instalada) e Alagoas com 290.662 kW/h (2,9% da capacidade instalada). Não há produção de energia elétrica a partir de bagaço de cana-de-açúcar nos estados do Rio Grande do Sul, Roraima, Rondônia, Acre, Amazonas, Amapá, Ceará e no Distrito Federal.

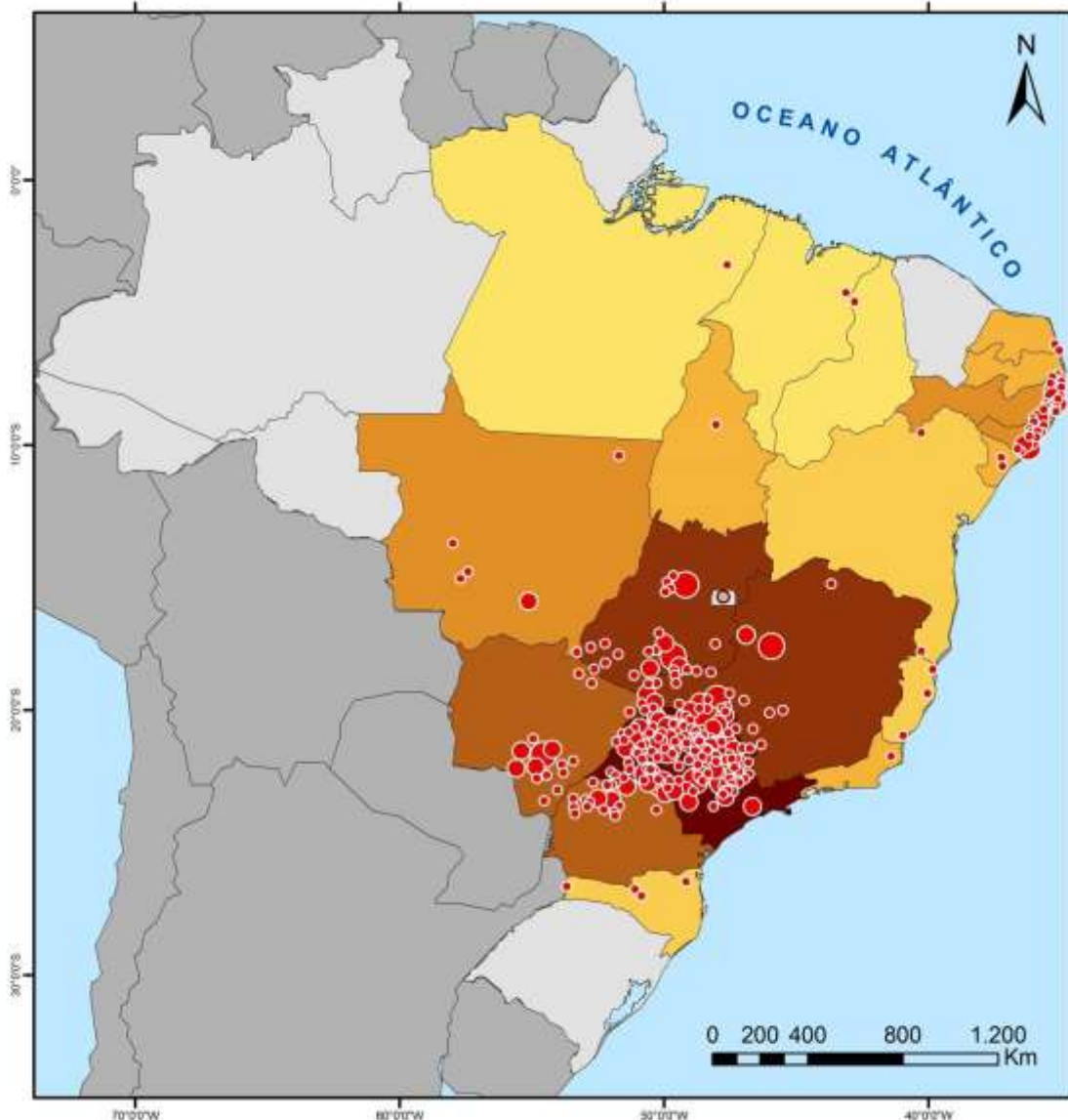
---

<sup>24</sup> Oddone, 2001

<sup>25</sup> BIODIESELBR, 2014.

<sup>26</sup> BIODIESELBR, 2014.

**Figura 7. Brasil: Localização das Agroindústrias Sucroalcooleiras cogeneradoras de energia elétrica**



**LEGENDA:**

○ Capital

**Quantidade de Usinas por Municípios**

- 1
- 2
- 3
- 4 - 7

**Produção de energia elétrica a partir do bagaço de cana (KW)**

- 1 - 10.000
- 10.001 - 30.000
- 30.001 - 90.000
- 90.001 - 300.000
- 300.001 - 1.000.000
- 1.000.001 - 2.000.000
- 2.000.001 - 5.300.000

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
 CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS LETRAS E ARTES  
 DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM GEOGRAFIA

Autor: Celso Donizete Locatel  
 Elaboração Cartográfica: Leandro de Castro Lima  
 João Artur Teixeira Leão

SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS - SAD 69  
 FONTE: ANEEL, 2013.  
 DATA: 26 de Novembro de 2014.

As unidades de produção sucroalcooleiras brasileiras estão utilizando a cogeração de energia para atender às suas necessidades de energia durante a safra, em função do aumento do custo das tarifas das concessionárias de energia, o que impacta o custo final de produção de álcool e açúcar.

Em média, cada tonelada de cana processada requer cerca de 12 kWh de energia elétrica, o que pode ser gerado pelos próprios resíduos da cana (palha, bagaço, vinhaça, etc.). Os custos de geração já são competitivos com os do sistema convencional de suprimento, o que possibilita a autossuficiência do setor em termos de suprimento energético, por meio da cogeração<sup>27</sup>.

Considerando que a quantidade média de energia produzida por cada tonelada de bagaço de cana-de-açúcar queimado está em  $\sim 188 \text{ kWh}$ <sup>28</sup>, que a produção referencial dessa matéria-prima é de  $280 \text{ kg}_{\text{Bagaço}}/\text{t}_{\text{Cana}}$  com 50% de umidade, que representa, aproximadamente, 28% da biomassa produzida no processo industrial do açúcar e do álcool, logo uma tonelada de bagaço é gerada com menos de 4 toneladas de cana moída, com um consumo aproximado de 45 kWh; assim, tem-se um excedente de  $\sim 143 \text{ kWh}$  que poderia ser comercializado.

No entanto, de acordo com dados da ANEEL (2013) aproximadamente 2/3 das usinas produtoras de álcool e açúcar ainda não geram energia suficiente para fornecerem para o sistema nacional, ou seja, produzem apenas para o autoconsumo. Para que essas empresas pudessem atuar como fornecedoras de energia seriam necessários novos aportes tecnológicos, uma vez que a maioria das unidades produtoras utiliza tecnologia com baixa eficiência para a geração de eletricidade.

A geração de excedentes de energia elétrica, a partir do bagaço, pode ter efeitos consideráveis na economia dos processos de produção. Por exemplo, se os excedentes gerados em ciclos de cogeração convencionais forem vendidos a US\$ 40 MWh, o aumento da receita seria de 16% (produção somente com bagaço)<sup>29</sup>. Sendo assim, aproximadamente 252 unidades sucroalcooleiras poderiam contribuir com a geração de energia elétrica para abastecer o sistema nacional, ao mesmo tempo que teriam um aumento expressivo dos seus lucros.

---

<sup>27</sup> Brasil, MME, 2007, p. 204

<sup>28</sup> CONAB, 2011.

<sup>29</sup> BNDES, s/d, p.13

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. *Governo anuncia medidas de incentivo para setor sucroalcooleiro e indústria química*. 2013. Disponível em: <<http://www2.planalto.gov.br/excluir-historico-nao-sera-migrado/governo-anuncia-medidas-de-incentivo-para-setor-sucroalcooleiro-e-industria-quimica>>. Acesso em: 14 dezembro 2014).

SANTOS, M. *A Natureza do Espaço*. São Paulo: Edusp, 2000.

THOMAZ Jr., Antonio. *Por trás dos canaviais, os (nós) da cana* (uma contribuição ao entendimento da relação capital x trabalho e do movimento sindical dos trabalhadores na agroindústria canavieira paulista). São Paulo: USP/FFLCH, 1996. (Tese de Doutorado).

VENTURA FILHO, A. Energia Elétrica no Brasil: contexto atual e perspectivas. *Interesse Nacional*. Ano 6, n 21, abr./jun. 2013. Disponível em: <<http://interessenacional.uol.com.br/index.php/edicoes-revista/energia-eletrica-no-brasil-contexto-atual-e-perspectivas/2/>>. Acesso em: 14 de dezembro de 2014.

## Considerações Finais

A utilização do bagaço de cana-de-açúcar para a produção de energia elétrica representa um ganho de rentabilidade para as unidades agroindustriais sucroalcooleira na ordem de 16%, devido à redução dos custos de produção, ao não pagamentos das tarifas de energia, e ainda com a venda do excedente de energia produzido.

Do ponto de vista ambiental o uso dessa matéria-prima como fonte primária de energia representa a diminuição da queima de combustíveis fósseis, como o carvão mineral, o petróleo ou derivados, em termoelétricas.

No entanto, nota-se uma tendência a concentração desse tipo de empreendimento na região Sudeste, em especial no estado de São Paulo, que possui 46% das agroindústrias cogeneradoras de energia a partir do bagaço de cana.

A política nacional de incentivo à produção de energia elétrica a partir de fontes alternativas, mais especificamente o PROINFA, política essa que engloba a utilização de biomassa como fonte primária, contribui para:

- A segurança energética do país, ao passo que a maior parte da energia produzida no sistema de cogeração reduz a demanda originada da produção sucroalcooleira, além de fornecer o excedente para o Sistema Nacional Integrado;
- A redução da queima de combustíveis fósseis para a geração de energia elétrica, tornando, nesse aspecto, a iniciativa viável do ponto de vista ambiental;
- A expansão da área ocupada com cana-de-açúcar no país vem ocupando terras que antes eram utilizadas para a produção de alimentos ou áreas florestadas, o que implica em redução na oferta de alimentos básicos e contribui para o desmatamento;
- O aumento da acumulação de capitais pelos grupos de investidores do setor sucroalcooleiro, que historicamente são privilegiados pelas ações do Estado.

Nesse segmento de produção de energia a partir de biomassa, seria possível e necessário incentivar, a partir de políticas públicas, a produção em pequenas unidades termoelétricas, para que pequenos produtores rurais pudessem produzir sua própria energia, se desvencilhando do nível de subordinação perante as grandes companhias que controlam o setor energético no país. Para isso é necessário o desenvolvimento de pesquisas para a produção de tecnologias sociais ou uma adequação sociotécnica, visando à produção de equipamentos de baixo custo.

O setor elétrico brasileiro carece de um planejamento estratégico, para a melhor utilização da biomassa como fonte primária de energia. Se todo o volume de bagaço de cana-de-açúcar fosse utilizado na produção de energia elétrica contribuiria para que uma quantidade menor de usinas termoelétricas, que utilizam combustíveis fósseis entrasse em operação a cada período de estiagem, quando há redução da capacidade produtiva das hidroelétricas, devido à redução no nível dos reservatórios.

Para finalizar, há que se concordar com a Conab (2011), pois se observa que é aproveitada apenas uma fração modesta do potencial de uma fonte de energia que tem muito a ser explorada, pois apresenta baixo custo operacional, já que o bagaço é produzido no mesmo ambiente físico das fornalhas, caldeiras e geradores, além das unidades geradoras estarem localizadas próximas dos centros de consumo, o que reduz custo de transmissão. Nesse sentido, se considerarmos a produção de cana de açúcar na safra 2012 no Brasil, que foi de 721.077.287 ton., e que 28% desse volume corresponde ao bagaço, constata-se que foram gerados 201.901.640 ton. de bagaço de cana, que poderia ter gerado até 37.957.508 kWh de eletricidade, no entanto a geração foi de apenas 26% do potencial de produção a partir desse recurso. Se esse potencial fosse otimizado em aproveitamento, isso poderia se converter em benefícios sociais, com redução das tarifas ao consumidor final, uma

vez que o custo de produção de eletricidade a partir dessa fonte é muito menor que qualquer outra fonte térmica, e ainda poderia produzir ~25% da energia consumida no Brasil.

No entanto, observa-se que as ações levadas a cabo pelo Estado atualmente não são suficientes para o melhor aproveitamento desta fonte de energia, porém, tais ações contribuem para a ampliação dos lucros dos empresários do setor sucroenergético, sem desdobramentos e impactos significativos do ponto de vista social.

## REFERÊNCIAS

ABRADEE - Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica. *Visão Geral do Setor*. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setoreletrico/visaogeraldosetor?tmpl=component&print=1&page=>>>. Acesso em: 10 dez. 2014.

ANEEL – Agencia Nacional de Energia Elétrica. *Atlas de Energia Elétrica do Brasil*. 2. Ed. Brasília/DF: ANEEL, 2005. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/download.htm>>. e <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 02 de julho de 2014.

BASQUEROTTO, Cláudio Henrique Cerqueira Costa. *Cogeração de energia elétrica com bagaço de cana-de-açúcar comprimido (briquete)*. Araçatuba, SP: Fatec, 2010.

BIODIESELBR. Nova Cana. *Co-Geração de Energia no Processamento do Alcool*. Acesso em: 30 jun. 2014. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/energia/alcool/cogeracao-energia-etanol.htm>>.

BITTENCOURT, Jeison Márcio. *Perspectiva do uso do bagaço da cana-de-açúcar para geração de energia elétrica*. Joinville (SC): Universidade Estadual de Santa Catarina, 2008.

BNDES – Banco nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. *Programa de Apoio Financeiro a Investimentos em Fontes Alternativas de Energia Elétrica no Âmbito do PROINFA*. S/d. Disponível em <[http://www.mme.gov.br/programas/proinfa/menu/programa/programa\\_apoio\\_financeiro\\_bndes.html](http://www.mme.gov.br/programas/proinfa/menu/programa/programa_apoio_financeiro_bndes.html)>. Acesso em: 10 dez. 2014.

BOTELHO, Raimundo Edson Pinto. *O circuito espacial de produção e os círculos de cooperação da soja no Maranhão no período técnico-científico-informacional*. Natal: Departamento de Geografia: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2010. (Dissertação de Mestrado).

BRASIL. *Lei n° 4.870*, de 1 de dezembro de 1965. Publicada no Diário Oficial da União em 1 de dezembro de 1965.

BRASIL. *Lei n° 12.666*, de 14 de junho de 2012. Publicada no Diário Oficial da União em 14 de junho de 2012.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. *Plano Nacional de Energia 2030*. Brasília: MME: EPE, 2007.

CASTILLO, Ricardo; FREDERICO, Samuel. Espaço geográfico, produção e movimento: uma reflexão sobre o conceito de circuito espacial produtivo. *Revista sociedade & Natureza*. Uberlândia, 2010.

CONAB. *A Geração Termoelétrica com a Queima do Bagaço de Cana-de-Açúcar no Brasil. Análise do Desempenho da Safra 2009-2010*. Brasília, 2011.

CORRÊA NETO, Vicente. *Análise de Viabilidade da Cogeração de Energia Elétrica em Ciclo Combinado com Gaseificação de Biomassa de Cana-de-açúcar e Gás Natural*. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2001. (Dissertação de Mestrado)

D'ARAÚJO, Roberto Pereira. *Setor Elétrico Brasileiro: Uma aventura mercantil*. Brasília: Confea, 2009.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Balanço Energético Nacional 2014: Ano base 2013*. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

INNOCENTE, Andréia Franco. *Cogeração a partir da biomassa residual de cana-de-açúcar - estudo de caso*. Botucatu (SP): UNESP, 2011. (Dissertação de Mestrado).

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Produção e Agroenergia. *Plano Nacional de Agroenergia 2006-2011*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

MME - Ministério de Minas e Energia. *Balanço Energético Nacional, 2013*. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioSintese2013.aspx>>. Acesso em: 20 jun. 2014

MME – Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. Departamento de Desenvolvimento Energético. *Plano Nacional de Eficiência Energética: premissas e diretrizes básicas*. Brasília, 2012.

ODDONE, Domingos Carlos. *Cogeração: uma alternativa para a produção de energia*. São Paulo: USP, 2001. (Dissertação de Mestrado).

PATERMAN BRASIL, Newton. *Notas de aula de Co-geração do Curso de Engenharia de Equipamentos*. S.ed. 2005. (Mimeografado).

PATRÍCIO DA SILVA, Paulo. *Análise do impacto regulatório na dificuldade de implantação de projetos de cogeração a partir da biomassa da cana em Mato Grosso do Sul*. VII Congresso Brasileiro de Regulação, 2011