



## **A expansão do macrossistema elétrico e a cogeração de energia elétrica por biomassa**

### **Autores:**

Amanda Gadotti - Unesp - Rio Claro - amanda\_jrg@yahoo.com.br

João Paulo Rosalin - Unesp - Rio Claro - jprosalin@hotmail.com

### **Resumo:**

O artigo visa analisar a renovação da materialidade, a ampliação do sistema elétrico nacional e a sua transformação em macrossistema e a geração de energia elétrica no Brasil e no estado de São Paulo, isto sob um viés da necessidade de diversificação dos modos de geração de energia elétrica, principalmente após a crise elétrica, os "apagões" ocorridos em 2004. Contudo, este trabalho tem como foco de sua análise, de forma simétrica ao sistema elétrico, a significativa cogeração de energia elétrica das Usinas de Açúcar e Etanol no estado de São Paulo, levando em consideração a ação, do setor sucroenergético, de tira proveito através da queima da biomassa para gerar energia, suprir suas unidades e comercialização e excedente. Essa ação de tal setor surge como uma nova forma de suprir a necessidade energética e de tirar a dependência quase que exclusiva do petróleo. Mais especificadamente em 1980 o bagaço da cana-de-açúcar entra como biomassa de potencial energético na cogeração de energia elétrica. Assim, o presente artigo tem como objetivo demonstra a importância da ampliação territorial e da diversificação das fontes da matriz energética, ressaltar o déficit na demanda e oferta de energia no estado de São Paulo e mostrar o grande potencial do setor sucroenergético em cogeração de energia para suprimento das demandas nacionais.

# **A expansão do macrossistema elétrico e a cogeração de energia elétrica por biomassa**

Uma análise dos avanços do macrossistema elétrico sob o viés da cogeração advinda do bagaço da cana-de-açúcar

## **Introdução**

Em nosso cotidiano, estamos rodeados por objetos dependentes da energia elétrica. Tal fato resulta em uma necessidade de expansão do sistema elétrico brasileiro. Segundo Fritzen (2016, p. 120) o prefixo macro demonstra a “ideia de uma larga extensão territorial, o que se verifica por uma escala de ação ampliada do sistema de objetos, ao mesmo tempo em que denota as amplas possibilidades de ações que são criadas a partir dele”. Assim, quase como uma exigência à reprodução capitalista, a técnica, a ciência e a informação devem se tecnificar e se expandir para atenderem as necessidades desse meio de organização. Para isto, é necessário pensar em um macrossistema elétrico que supra as necessidades de consumo e dependência técnica atual.

Contudo, diante deste sistema há uma legislação importante para seu funcionamento, sendo essa cumprida pelo Ministério de Minas e Energia, que busca regular, legislar e garantir que os pilares que regem esse sistema sejam mantidos e que a configuração de círculo de cooperação na produção elétrica e os regimes que direcionam a geração de energia elétrica possa ser sustentada. Como ação dessa regulação, pode-se perceber que leis, programas e diretrizes criadas ao longo da história pelo Ministério de Minas e Energia (principalmente a Lei nº 4.870, de 1965, revisada em 2013), inserem a participação ativa do setor sucroenergético na cogeração de energia elétrica, abrem frente e fortalecem a cogeração pela biomassa da cana-de-açúcar no setor energético nacional e expandem as opções de fontes alternativas de geração de energia elétrica. Isto é,

A rapidez da difusão com que o macrossistema elétrico espraia-se pelo território, inicialmente em pontos e posteriormente constituindo redes, pode ser verificável quando se observa desde o momento da incubação de uma nova técnica ao momento em que seu uso passa a ser comercial, afirmando-se historicamente com a utilização pela maior parte da sociedade, especialmente pelos setores produtivos<sup>3</sup> (SANTOS, 2012, p. 178-179 apud FRITZEN, 2016, p. 121).

Assim, abriu-se frente para estudos sobre a cogeração de energia elétrica pelo bagaço de cana-de-açúcar, onde escolhemos tratar: i) a cogeração de energia elétrica pela biomassa no âmbito nacional, dando enfoque à sua importância na matriz energética brasileira e na oferta dessa energia para o país; ii) a potencialidade dessa atividade no território nacional e; iii) comparar a ideia inicial das usinas de apenas se auto satisfazer, com a importância e amplitude da venda dos excedentes de energia elétrica cogerada. Desta forma, adentraremos a cogeração de energia elétrica e a demanda energética de São Paulo, partindo do pressuposto de que a demanda de produção de energia elétrica gerada pelas usinas hidrelétricas instaladas em território paulista não consegue mais atender ao consumo de energia do estado, gerando a necessidade de complementação com outras formas de geração de energia: as fontes alternativas.

Desse modo, uma das fontes alternativas complementares para o estado de São Paulo é a fonte de energia cogerada pela biomassa, advinda do bagaço da cana-de-açúcar. Esta forma de energia é a mais presente no território e possui a maior potencialidade, já que presente no território paulista se encontra a maior quantidade de usinas sucroenergéticas (geradoras, cerca de 197 unidades, e não geradoras de energia elétrica), a maior quantidade de hectares com o cultivo de cana e as mais avançadas tecnologias do setor sucroenergético, exemplificando, desta forma, a empiria da expansão do sistema elétrico em um macrosistema.

## O Ministério de Minas e Energia: Hierarquia e Constituição

O setor elétrico brasileiro é um dos segmentos essenciais para o desenvolvimento do país, pois é dele que emana toda regulação, planejamento, desenvolvimentos e crescimento dos agentes da energia elétrica. Assim, o mesmo é composto hierarquicamente por órgãos e agentes reguladores do sistema elétrico, sendo cada qual com uma funcionalidade própria que vai desde a regulamentação dos geradores, passando pelos transmissores e reguladores e entre outros agentes, até chegar nos consumidores.

Segundo a Associação Brasileira de Distribuidores de Energia (ABRADEE, 2016), o setor elétrico brasileiro é caracterizado 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” (ARSESP);
- Regulação da atividade de geração para empreendimentos antigos;
- Concorrência na atividade de geração para empreendimentos novos (leilões);
- Coexistência de consumidores cativos e livres;
- Livres negociações entre geradores, comercializadores e consumidores livres (Ambiente de Contratação Livres);

- Leilões regulados para contratação de energia para as distribuidoras, que fornecem energia aos consumidores cativos (Ambiente de Contratação Regulado);
- 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;

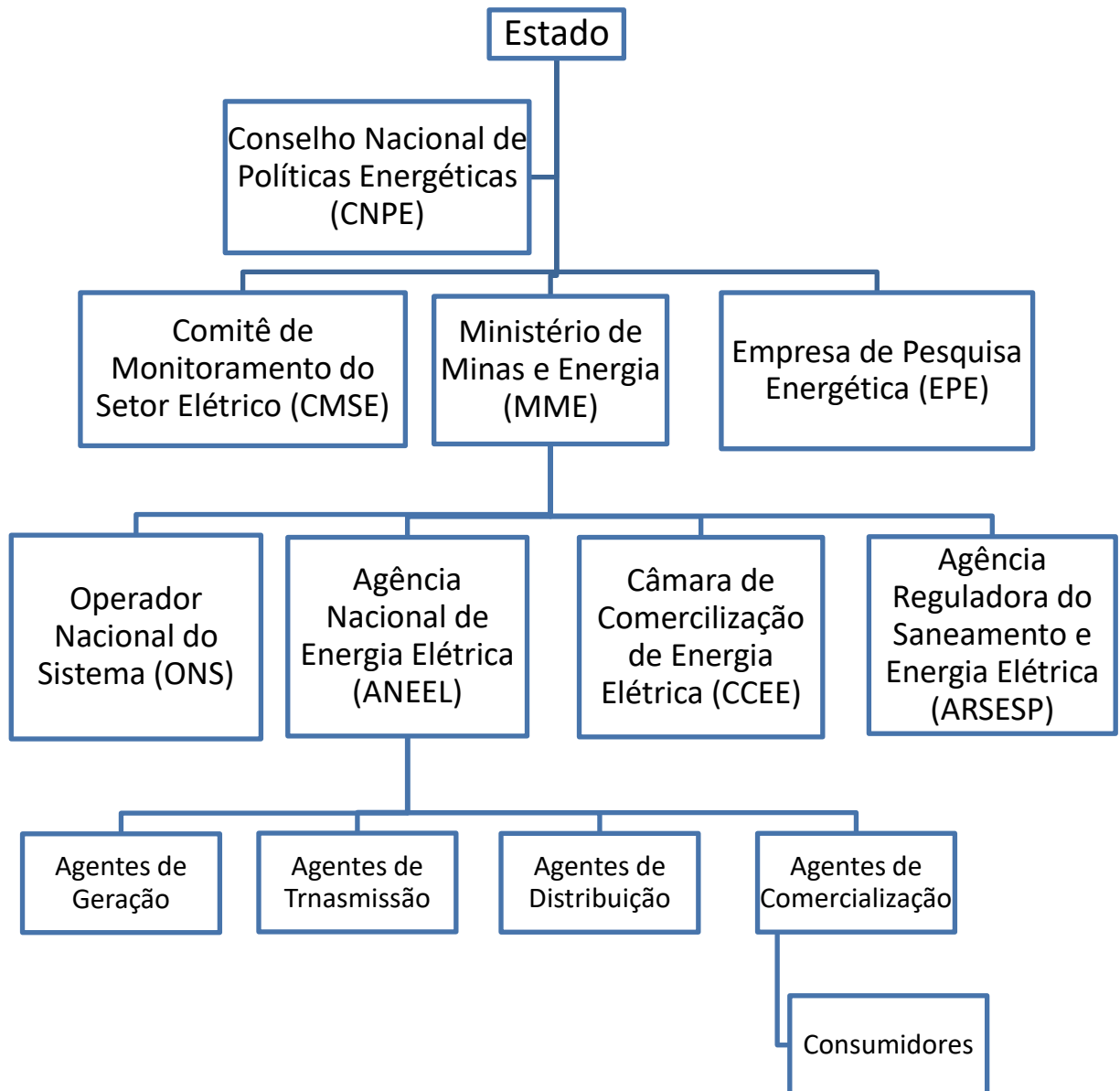
Segundo Locatel e Melo (2015, p.8) é possível, com essas características, a verificação de um setor elétrico brasileiro complexo, com uma enorme gama de agentes hegemônicos atuantes no círculo de cooperação e buscando ampliação das vantagens econômicas. Entretanto, no que consiste esse círculo de cooperação que abrange de forma geral os agentes do setor elétrico? Segundo Botelho (apud LOCATEL & MELO, 2015, p. 8), esses círculos são conexões de “diversas etapas espaciais separadas, da produção, articulando os diversos agentes e lugares que compõem o circuito espacial de produção.”, no caso da energia elétrica, isto é, os círculos<sup>1</sup> de cooperação são uma forma de configuração que integram os agentes que compõem o sistema elétrico brasileiro, modelando de forma concisa a base relacional para que as empresas possam se adequar as necessidades de tal setor, abrangendo o planejamento, articulação e execução de projetos hegemônicos que são essenciais para o desenvolvimentos e interlocução entre os agente geradores, transmissores, distribuidores e consumidores e os lugares.

Nesta conjuntura, o Estado se configura como o maior meio necessário de intervenção e atuação no que se trata da regulação do setor elétrico brasileiro. Isso consiste em regular esse sistema sob o viés dos interesses e necessidades do país. Por isso, a cada novo agente que deseje ser inserir no sistema elétrico, afim de buscar maior desenvolvimento e ampliação ao mesmo, necessita seguir a lógica do sistema de regulação dos órgãos responsáveis, criados pelo Estado e organizados de forma hierárquica e multifacetária (exemplificado no esquema a seguir que demonstra a rede de inter-relação entre os agentes do setor elétrico brasileiro no círculo de cooperação da produção de energia elétrica no Brasil).

---

<sup>1</sup>A utilização do termo “círculos” se encontra no plural, devido a característica intrínseca ao setor energético de ter uma pluralidade alta de geradores de energia elétrica com empreendimentos de natureza diferente.

**Quadro 1:** Esquema da relação entre os agentes do setor elétrico brasileiro, na configuração de círculo de cooperação na produção elétrica.



Fonte: LOCATEL & MELO, 2015, p. 9 (modificado pelos autores).

O esquema criado acima que demonstra a relação entre os agentes do setor elétrico brasileiro, na configuração de círculo de cooperação na produção elétrica, está subdividido conforme a atuação dos agentes, sendo cada qual responsável por uma etapa específica e importante para o funcionamento do sistema elétrico brasileiro. Assim,

- O **Estado** é responsável por todo comando de decisão necessária para o sistema elétrico nacional, desde a criação das leis que guiam o setor até a regulação das mesmas.
- Em segunda instância, o **Conselho Nacional de Políticas Energéticas (CNPE)** está presente para cuidar de todo assessoramento destinado a concepção de políticas e diretrizes energéticas, direcionado a todos os agentes inseridos neste campo. Esse órgão foi criado no ano de 1997 e é um dos órgãos essenciais do setor, sendo o responsável pela criação das leis e decretos que garantem o funcionamento, regulação, direitos e deveres do âmbito, sendo um dos únicos órgãos ligados diretamente ao Estado (há apenas mais um nesta condição) e direcionado a atender os interesses estatais de desenvolvimento.
- Em seguida temos uma subdivisão composta pelo Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE), Ministério de Minas e Energia (MME) e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE).
  - O **Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE)** é o único órgão que tem a função de avaliar e garantir o suprimento energético nacional, isto é, o mesmo é responsável pela fiscalização do andamento da produção e distribuição do país, garantindo que a energia elétrica gerada chegue a todas as localidades brasileiras. Vale ressaltar, que este órgão foi criado em 2004, pela Lei nº 10.847, quando o país passava por graves “apagões”.
  - O **Ministério de Minas e Energia (MME)**<sup>2</sup> é o segundo órgão ligado diretamente ao Estado, foi criado em 1992, pela Lei nº 8.422, e a princípio ficou responsável pela regulação de áreas geológicas, recursos minerais e energéticos; contudo, em 2012 (pela Lei nº 7.798) o mesmo passou a cuidar do Planejamento e Desenvolvimento Energético, Geologia, Energia Elétrica, Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis, Mineração e Transformação Mineral. O MME é um dos órgãos de regulação mais importante para o sistema elétrico brasileiro e para o Estado, pois é diante das ações desse órgão que se dá o controle dos meios de produção energética e o surgimento de novas formas e agentes geradores.

Para cumprir estas funções, o Ministério de Minas e Energia subdivide em quatro principais órgãos auxiliares: o **Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)**, responsável pela coordenação e controle das

---

<sup>2</sup> Vale mencionar que a Empresa de Pesquisa Energética está ligada ao Ministério de Minas e Energia pelo simples fator de que é dela que sai o direcionamento da necessidade de leilões e compra externas de energia, reguladas pela ANEEL, órgão esse que será mencionada a seguir e que regula e direciona o andamento dos leilões e entre outras funcionalidades.

instalações e transmissões de energia elétrica; a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), um dos órgão mais importantes do sistema elétrico, criado por meio da Lei nº 9.427/1996 e do Decreto nº 2.335/1997, é o órgão que tem a função de regulatória (a geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica), fiscalizadora (as concessões, as permissões e os serviços ligados a energia elétrica), implementadora (as políticas do governo federal relacionadas a exploração e potenciais energéticos), tarifária e redutora (de divergências); A **Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE)**, responsável exclusivamente pela comercialização da energia elétrica gerada no país; e a **Agência Reguladora do Saneamento e Energia Elétrica (ARSESP)**. Todos trabalham em prol de uma única funcionalidade, criada pela Lei nº 1.025 de 2007, vinculado a Secretária do Governo do Estado de São Paulo, que destinou a tal órgão a responsabilidade de examinar e amparar as centrais de saneamento básico, gás canalizado e energia elétrica. Todos são órgão responsáveis por regular as etapas finais do processo de cogeração de energia elétrica. Por último temos os cinco agentes responsáveis pelo processo produtivo do sistema elétrico brasileiro e regulados por todos os órgãos acima tratados, isto é, os geradores, transmissores, distribuidores, comercializadores e consumidores de energia elétrica. Os **geradores** são componente industriais de eletricidade encarregados em gerar/produzir energia elétrica e injeta-la no sistema (interligado ou isolado)<sup>3</sup> de transporte para que alcance o consumidor final. Segundo a ABRADDEE (2016), são 3.152 empreendimentos geradores de energia, sendo 1.570 usinas termelétricas de médio porte movidas a gás natural, biomassa, óleo diesel, óleo combustível e carvão mineral. As **transmissoras** são empresas proprietárias de equipamentos de transformação e linhas de transmissão, e que administram e transportam grande quantidade de energia, em alta voltagem (aproximadamente 230 kV), das usinas para pontos próximos aos centros de consumo. As **distribuidoras** são empresas que também possuem equipamentos de transformação e linhas de transmissão próprias, porém a mesma é responsável pela entrega de energia ao consumidor final e tem a função de rebaixar essa alta voltagem para fixas de tensão de 138 kV, ou até menor, para 110 a 220 kV. O segmento de **comercialização** de energia é novo no setor energética mundial, sendo que o mesmo se relaciona diretamente com contextos econômicos e institucionais diversificados da produção e transporte de energia elétrica. Segundo a ABRADDEE (2016), são por volta de 100

---

<sup>3</sup> Sistema interligado que congrega o sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil, que é um sistema hidrotérmico de grande porte, com predominância de usinas hidrelétricas e proprietários múltiplos, estatais e privados ou sistema isolado que são situados geograficamente nas localidades em que há dificuldades de interligação do SIN ou custos de interligação não aviáveis. A eletricidade é direcionada à alimentação dos aparelhos elétricos e armazenada em baterias. (Exemplo: painéis de captação de luz solar).

comercializações de energia elétrica no país, com atuação de intermediários entre usinas e consumidores livres.

Com base neste esquema, vale salientar que,

Os sistemas técnicos são, cada vez mais, exigentes de um controle coordenado. De uma multiplicidade de instalações e uma pluralidade de comandos encaminhamo-nos para um comando único, ou, ao menos, unificado. Essa tendência não é exclusiva de apenas um sistema técnico, como o da eletricidade, por exemplo, mas abarca a totalidade dos sistemas técnicos. Como os sistemas técnicos funcionam em uníssono com os sistemas de ações, isso pode ajudar a entender a importância atual do processo de informação (SANTOS, 2012, p. 182 apud FRITZEN, 2016, p. 122).

Desta forma, o sistema elétrico e seus agentes reguladores representam para o território nacional um aparelho de objetos técnicos de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, por ações e criações de agentes de operacionalidade desses objetos instalados no território, formando uma rede complexa de produção e regulação específica que se integram, de forma multifacetada, e se articulam, mantendo o sistema elétrico funcionando e se expandindo. Portanto, as ações do sistema elétrico brasileiro que, com o passar dos anos obteve a obrigatoriedade de se transformar em um macrossistema elétrico, são resultado da característica híbrida do sistema, dos diversos agentes envolvidos e da grande necessidade de contribuições para manter esse sistema regularmente abastecido. Dessa forma, é necessário entender essa expansão como uma forma de desenvolvimento e crescimento nacional.

## A expansão do Macrossistema Elétrico

Tanto no Brasil quanto em tantos outros países no mundo, a capacidade instalada e a demanda por energia crescem e são questões-chaves dos governos. Desde o final do século XIX, no Brasil, essa problemática vem sendo tratada de forma bastante expressiva, principalmente após “apagões” em 2001 evidenciando, assim, momentos de saltos quantitativos, grandes projetos de desenvolvimento territorial e infraestruturas necessárias para a consolidação do Macrossistema Elétrico Nacional. Entretanto as estatísticas sobre o setor elétrico mostram que tanto a geração, quanto o consumo de energia elétrica superaram sucessivamente as marcas históricas do país.

O Macrossistema Elétrico Nacional, consiste na estrutura que engloba a geração, a transmissão, a distribuição e a comercialização de toda matriz energética do Brasil, sendo que o mesmo abrange uma larga extensão territorial de ações ampliadas de sistemas de objetos e amplas possibilidades de ações. Contudo, sabe-se que historicamente a gama de matrizes energéticas no país teve um rápido crescimento e difusão devido a necessidade de suprir as demandas advindas dos diversos agentes consumidores. De tal modo, o macrossistema elétrico se espalhou pelo território, iniciado em pontos específicos do mesmo, e posteriormente se constituindo em redes; caracterizando-se assim, por novas técnicas que

passam a ser destinadas para a comercialização da energia produzida. (SANTOS, 2012, p. 178-179, apud FRITZEN, 2016, p. 121).

Igualmente,

Tal discussão leva à formulação de uma definição, na qual firma-se o entendimento de macrossistema elétrico como o sistema de objetos técnicos de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, animados pelas ações inerentes à criação e operacionalização desses objetos implantados no território, que formam a complexa rede de funções e formas dotadas de regulação específica e que integram uma diversidade de agentes, capaz de articular diferentes níveis territoriais e possibilitar um grande espectro de ações no território. (FRITZEN, 2016, p. 122)

O macrossistema elétrico nacional acaba por se constituir num híbrido de formas e conteúdo que permeiam a ações da sociedade em vigência. Logo, se consideramos a geração de energia elétrica um componente importante desse macrossistema elétrico e sendo a cogeração de energia elétrica pela biomassa (em especial a advinda do bagaço da cana-de-açúcar) uma prática geradora dessa energia, podemos então considerá-la como um componente significativo do sistema elétrico, uma das formas de espraiamento desse sistema contribuinte para transforma-lo em macro, uma fonte da matriz energética brasileira presente em várias localidades e um dos pontos dessa rede que compõem o Sistema Interligado Nacional (SIN). Sistema esse que é responsável pela interligação de todas as fontes geradoras de energia elétrica. Segundo Mercedes (2015, p. 19) o sistema elétrico brasileiro é “um sistema de grande porte, majoritariamente interligado (SIN – Sistema Interligado nacional), com existência de sistemas isolados, dividido em quatro subsistemas: SE-CO, N, NE, S.” Vê-se então, a esse sistema, uma incorporação de interesses e acumulação do capital, tornando desta forma o Macrossistema elétrico “uma verdadeira verticalidade, isto é, incorpora intensamente vetores entrópicos, cuja lógica é organizacional e hierárquica”. (SANTOS, 1996, apud RAMALHO, 2006, p. 44).

O macrossistema elétrico nacional materializa-se ao longo do território brasileiro, concretizando-se em “situações geográficas, opondo espaços luminosos e espaços opacos<sup>4</sup>” (RAMALHO, 2006, p. 119), isto é, a desigualdade de modernização brasileira não se constitui apenas em escalas regionais, mas também em escalas estaduais e locais, sendo este fator importante quando tratamos de elementos territoriais essenciais para o cotidiano individual, coletivo, empresarial e industrial das localidades nacionais. Desta forma,

Observando as variações espaciais e temporais da disponibilidade dos bens de consumo, pode-se perceber que a maior concentração sempre está

---

<sup>4</sup> “espaços luminosos”, onde os acréscimos de ciência, tecnologia e informação são maiores, ao mesmo tempo em que, dialeticamente, foram proliferados os “espaços opacos”. (SANTOS & SILVEIRA, 2001).

ligada aos grandes centros urbanos onde também a centralização de capitais e renda é maior. (FRITZEN, 2016, p. 124)

Os espaços luminosos do território brasileiro são grandes centros de acúmulo de ciência, tecnologia e informação, além de serem os maiores centros urbanos, modernizados e amplamente amparados por instrumentos técnicos e infraestruturas diversificadas.

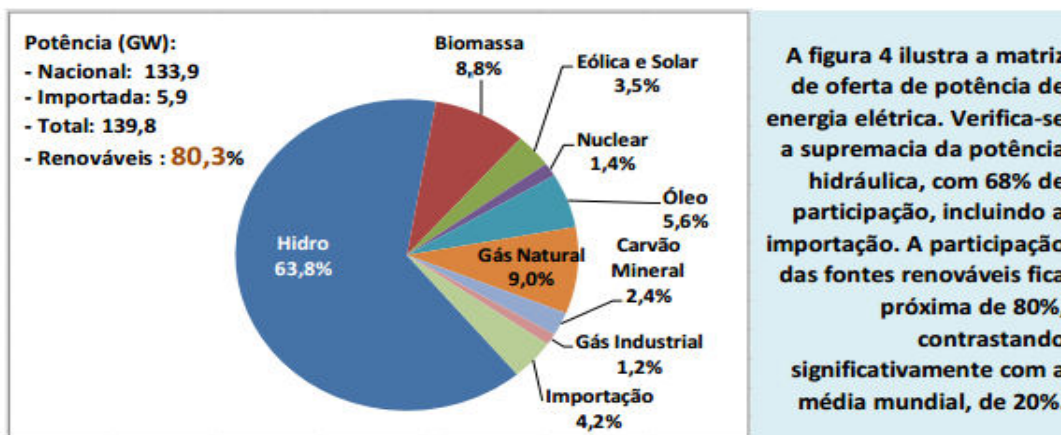
Sendo assim, um dos exemplos mais marcantes no Brasil, e que ao mesmo tempo é centro de atividades de ambos setores estudados aqui (setor elétrico e sucroenergético), é o estado de São Paulo, concebido como um centro altamente urbanizado, um espaço luminoso e um centro econômico forte, carregado de materialidade e ações, além da máxima gama de infraestrutura de suporte a ambos os setores e um polo de ciência, tecnologia e informação.

Baseando-se em tal perspectiva, buscamos analisar a relevância da geração de energia elétrica no âmbito do setor sucroenergético, ou seja, advinda pelo bagaço da cana-de-açúcar, no estado de São Paulo, pois é nele que se concentra a maior parcela de terras agricultáveis com o cultivo da cana-de-açúcar, o maior processamento dessa cultura, a maior produção de açúcar e etanol, a maior quantidade de usinas cogeneradoras de energia elétrica pelo bagaço da cana que compõem a matriz energética brasileira e também o macrossistema elétrico brasileiro, e o maior centro dinâmico da economia brasileira.

## Uma nova alternativa: a cogeração de energia elétrica da biomassa

Uma das temáticas mais importantes que perpassa pelos governos do mundo inteiro é a demanda e oferta de energia elétrica. É fato importante e sabido por muitos estudiosos que apenas uma fonte de energia elétrica não consegue suprir demandas altíssimas dos países. No caso brasileiro não é diferente, a matriz energética do Brasil se constitui por 3.152 empreendimentos geradores (MME/EPE, 2014), onde os mesmos possuem características diversificadas de produção.

**Gráfico 1: Oferta de potência de geração elétrica – 2014 (%)**

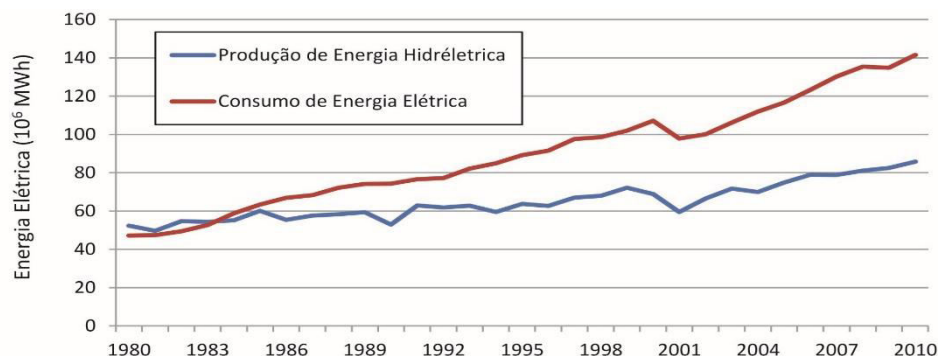


Fonte: Resenha Energética Brasileira MMW (Ano base 2014; Edição 2015).

Conforme demonstrado no Gráfico 1 do relatório de Reserva Energética Brasileira (2015) do Ministério de Minas e Energia, a matriz energética brasileira é composta por energia oriunda de hidroelétricas, gás industrial e natural, carvão mineral, importações de energia elétrica, óleo (petróleo e óleo diesel), energia nuclear, eólica e solar e advinda da biomassa (como energia renovável). Ainda segundo o gráfico acima, pode-se notar que há três principais fontes de energia no Brasil: as hidroelétricas, liderando com 63,8% de toda produção energética, seguida pelo gás natural, com 9% do total da produção e em terceiro lugar a biomassa, com 8,8% do potencial de suprimento da demanda brasileira de energia. Vale ressaltar que a biomassa é considerada uma massa biológica advinda em sua maioria de processos agrícolas ou agroindustriais, que sofreu uma enorme transformação, onde anteriormente era vista como rejeito ou resíduo industrial e, atualmente, passou a ser considerada um subprodutos e/ou matéria-prima de uma nova forma de produção: a cogeração de energia elétrica.

Essas diversificadas fontes de energia elétrica representam para o território nacional um grande avanço na potencialidade e na segurança energética do país. Neste contexto pode-se destacar o estado de São Paulo, o principal centro dinâmico da economia brasileira e principal consumidor de energia elétrica, isto é, correspondente por aproximadamente 55% do consumo da região Sudeste e 30% do consumo nacional. Segundo o Plano Paulista de Energia – PPE 2020 (estudo realizado pela Secretaria de Energia do Governo do Estado de São Paulo em 2012), a produção de energia elétrica gerada pelas usinas hidrelétricas instaladas em território paulista não consegue mais atender ao consumo de energia do estado, precisando com que seja complementada com outras formas de geração de energia: as fontes alternativas. Para visualizar tal condição, o Gráfico 2 aponta a quantidade de energia produzida e de energia consumida no estado.

**Gráfico 5:** Evolução da oferta e do consumo de energia elétrica no estado de São Paulo



Fonte: Adaptado de “Balanço Energético do Estado de São Paulo 2011 - Ano Base 2010”

Segundo Broggio (*et al.*, 2014, p. 1) a questão da energia é refletida nas políticas públicas em termos de aumento da oferta de todos os tipos e a interligação das redes de eletricidade. No entanto, o forte crescimento da economia e da demanda de energia, e o aumento das energias renováveis em todo o país ainda colocar o Brasil em um caminho de transição. Desta forma, a tendência à diversificação da Matriz Elétrica Nacional torna-se necessária para o governo do estado de São Paulo, justamente para que a relação de oferta e demanda de energia elétrica não entre em colapso. Assim, a expansão e construção de usinas hidrelétricas no Brasil ainda podem ser elaboradas em algumas regiões do país<sup>5</sup> (como nos locais de possível baixo impacto ambiental da bacia do Amazonas), mas a tendência dos governantes dos estados das regiões Sul e Sudeste do país é a de buscar a possibilidade de ampliação das fontes de energia elétrica renováveis com grande potencial de crescimento, como é o caso da biomassa oriunda do bagaço da cana-de-açúcar (especialmente em São Paulo).

Com base neste consumo exorbitante de São Paulo é relevante destacar a fonte de energia elétrica advinda da biomassa; isto é, segundo a ANEEL, em 2016, a cogeração de energia elétrica pela biomassa representava 9% da potência outorgada na matriz energética do Brasil, demonstrando, com isso, a importância que tal cogeração tem, para a segurança energética nacional e do estado. Além disso, no momento atual, a biomassa representa a terceira maior potência de fonte energética do Brasil, perdendo apenas para a fonte hídrica e fóssil, alcançando a casa dos 13.735.751 kW, conforme a Tabela 1 abaixo.

<sup>5</sup> Antas Jr. (2009) nos mostra como se deu a expansão do conjunto de hidroelétricas no Brasil ao longo do século XX e como foi significativa a atuação do Estado neste processo.

**Tabela 1:** Fontes utilizadas no Brasil – Unidades em Operação.

Origem	Potência Outorgada (kW)	% Potência Outorgada
Hídrica	106.332.758	66,68
Fóssil	27.951.721	17,53
<b>Biomassa</b>	<b>13.921.121</b>	<b>8,73</b>
Nuclear	1.990.000	1,25
Eólica	9.249.408	5,80
Solar	26.952	0,02
<b>Total</b>	<b>159.471.960</b>	<b>100</b>

Fonte: ANEEL (2016). Elaboração: Unica (2016).

Sendo mais específico ainda, entre as biomassas que são utilizadas para a cogeração de energia elétrica, a biomassa do bagaço da cana-de-açúcar, é a com maior capacidade e potência de geração de energia, ganhando em relação com as das demais produções, sendo que a segunda colocada é a biomassa das florestas que representam apenas 25% da potência outorgada da cogeração advinda do bagaço da cana.

**Tabela 2:** Fontes de biomassa utilizadas no Brasil – Unidades em operação.

Origem	Potência Outorgada(kW)	% Potência Outorgada
<b>Biomassa de Cana de Açúcar</b>	<b>10.967.891</b>	<b>78,79</b>
Floresta	2.745.887	19,72
Resíduos sólidos urbanos	88.213	0,63
Resíduos animais	1.924	0,01
Biocombustíveis líquidos	4.350	0,03
Casca de Arroz	45.333	0,33
Biogás-Agroindustrial	1.822	0,01
Capim Elefante	65.700	0,47
<b>Total</b>	<b>13.921.121</b>	<b>100</b>

Fonte: ANEEL (2016). Elaboração: Unica (2016)

Além disso, o estado de São Paulo tem a maior área plantada, em hectares (equivalente a 10.000 m<sup>2</sup>), de cana-de-açúcar, chegando a atingir os 5.415.013 hectares (SIDRA/IBGE – 2014). O estado também, segundo o Boletim Resumo Executivo da Secretaria de Energia do Estado de São Paulo (SÃO PAULO – 2014), tem 197 unidades geradoras de energia elétrica pela biomassa da cana-de-açúcar das 406 unidades que totalizam no Brasil, desta forma, as fontes alternativas de energia elétrica. O bagaço da cana torna-se uma opção extremamente viável, pois a produção de álcool e açúcar é constante no estado e o bagaço extraído da mesma não se torna um poluente tanto para o ar como para o solo e drenagens. Castillo (2013, p. 81) nos lembra ainda que o excedente comercializável de energia elétrica das usinas do setor sucroenergético “é oferecido durante a safra da cana-de-açúcar que, no Centro-Sul, coincide com os períodos de menor pluviosidade, isto é, de maior risco de comprometimento de geração de energia elétrica”.

Aliás, o estado de São Paulo é o único estado a conter capacidade e potencialidade no mesmo território, isto é, em 1998, a cada 1 tonelada de cana moída, gerava-se 250 quilos de bagaço de cana. Contudo, eram necessárias 6,5 toneladas de bagaço de cana-de-açúcar (o equivalente a 6.500 quilos de bagaço, ou 26 toneladas de cana-de-açúcar moída) para gerar 1 megawatt de energia elétrica. Com a modernização desse sistema produtivo, hoje, são apenas necessárias 2,5 toneladas de cana-de-açúcar (o equivalente a 2.500 quilos de bagaço, sendo necessárias 10 toneladas de cana-de-açúcar moída), para se gerar o mesmo megawatt que em 1998. Ou seja, a falta de incentivos estatais que viabilizem a cogeração de energia via usinas sucroenergéticas é um dos marcos desmotivadores para o crescimento dessa forma de complementariedade do suprimento da alta demanda de energia elétrica vinda pelo estado estudado.

Assim, no estado de São Paulo, como em tantos outros estados, a cogeração de energia pelo bagaço de cana-de-açúcar esbarra em aspectos tais como as tecnologias voltadas a essa demanda (aumento de potencialidade), o desenvolvimento dessa parcela do setor, as barreiras tecnológicas (custos, viabilidades e modernização), os incentivos a comercialização (preços e etc.), os financiamentos, os impostos. e os fomentos (necessidades de mecanismos especiais), que poderiam ser pautas de estudos e planejamentos para melhoria e alavancagem dessa energia sustentável e rentável. O entrave na potencialidade dessa geração está intrinsicamente ligado a tais fatores supramencionados. Além disso, essa expansão da produção elétrica pela biomassa do bagaço da cana-de-açúcar, representaria a consolidação e uma maior expansão do macrossistema elétrico brasileiro.

## Conclusão

O Macrossistema Elétrico Nacional é a estrutura que engloba desde a geração, transmissão e distribuição da energia, até a sua comercialização, sendo incluso nesse processo todas as alternativas da matriz energética nacional, entretanto o principal marco do crescimento deste macrossistema é sua larga extensão territorial, resultado da necessidade de ampliação e diversificação das fontes geradoras de energia brasileiras que não tinham potencialidade para suprir a demanda. Como um dos meios de expansão desse macrossistema elétrico e como um das fontes com maior potencialidade de geração de energia elétrica, a biomassa (com destaque ao bagaço da cana-de-açúcar) se mostrou eficaz, primeiramente, por conceder as usinas produtoras de etanol e açúcar a característica de serem autossuficientes; secundamente, por trazerem excedentes de produção que podem ser comercializados e corroboram para o suprimento da demanda nacional., por ser uma fonte de biomassa muito presente no território nacional, principalmente em São Paulo, por ser uma cultura em expansão no país e com isso poder se expandir e gerar muito mais energia para o sistema elétrico brasileiro, e por dar um fim sustentável ao bagaço e por trazer inovações tanto ao setor energético como ao setor sucroenergético brasileiro.

Desta forma, o setor sucroenergético nacional trouxe para o país inovação, ampliação e possibilidades para o âmbito energético abrangendo os segmentos econômicos, sociais e energético do país e para a sociedade maior segurança energética e melhor condição de vida.

## REFERÊNCIAS

- ABRADEE - Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica. *Visão Geral do Setor*. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/visao-geral-do-setor>>. Acesso em: 02 agost. 2016.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). *RELATÓRIO DE GESTÃO DO EXERCÍCIO DE 2014*. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Relat%C3%B3rioGest%C3%A3o\\_2014.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Relat%C3%B3rioGest%C3%A3o_2014.pdf). BRASÍLIA-DF, 2015. Acesso em: 15 jul. 2016.
- BACCARIN, J. G.; GEBARA, J. J. ; FACTORE, C.O . *Concentração e integração vertical do setor sucroalcooleiro no Centro-Sul do Brasil, entre 2000 e 2007*. Informações Econômicas (Impresso), v. 39, p. 17-28, 2009.
- BRASIL. Lei nº 12.666, de 14 de junho de 2012. *Publicada no Diário Oficial da União*. 14 de junho de 2012.
- BROGGIO, C. et al. *Le défi de la transition énergétique en Amazonie brésilienne*. Vertigo. v. 14, n. 3. 2014. Disponível em <https://vertigo.revues.org/15490>, acesso em 30 de jun. de 2016.
- CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA (CCEE). *Regras de comercialização: Glossário de termos/Interpretações e Relação de Acrônimos (anexo)*. 2013.
- CASTILLO, R. A.. A expansão do setor sucroenergético no Brasil. In: Júlia Adão Bernardes; Catia Antonia da Silva; Roberta Carvalho Arruzzo. (Org.). *Espaço e energia: mudanças no paradigma sucroenergético*. Rio de Janeiro: Lamparina. 1 ed. 2013.
- CASTILLO, R. A.. Região competitiva e circuito espacial produtivo: a expansão do setor sucroalcooleiro (complexo cana-de-açúcar) no território brasileiro. In: Encontro de Geógrafos da América Latina, 2009, Montevidéu, Uruguai. *Anais do XII Encontro de Geógrafos da América Latina (EGAL)*. Montevidéu: Universidad de la Republica, p. 1-12, 2009.
- COELHO, S. *Mecanismos para implementação da cogeração de eletricidade a partir de biomassa. Um modelo para o estado de São Paulo*. Tese. (Doutorado em Energia) – Instituto de Eletrotécnica e Energia, Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. Disponível em: <HTTPS://www.iee.usp.br/producao/1999/teses/suani.PDF> Acesso em: 05 agot. 2016.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Balanço Energético Nacional 2014: Ano base 2014*. Rio de Janeiro: EPE, 2015.

- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Balanço Energético Nacional 2014: Ano base 2013*. Rio de Janeiro: EPE, 2014.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Balanço Energético Nacional 2014: Ano base 2013*. Rio de Janeiro: EPE, 2015.
- FRITZEN, M. *Macrossistema elétrico e o desenvolvimento das forças produtivas no Oeste Catarinense*. Boletim Campineiro de Geografia. Campinas - SP. v.6. n.1. 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Sistema IBGE de Recuperação Eletrônica (SIDRA)*. 2014. Disponível em: <http://www.sigra.ibge.gov.br/bda/tabela/lista>. Acesso em: 1 jul. 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Sistema IBGE de Recuperação Eletrônica (SIDRA)*. 2014. Disponível em: <http://www.sigra.ibge.gov.br/bda/tabela/lista>. Acesso em: 1 jul. 2016.
- LOCATEL, C; MELO, M. O. *Cogeração de energia elétrica e a dinâmica do setor sucroalcooleiro brasileiro*. III Simposio Internacional de história de la electrificación. Ciudad de México, Palacio de Minería. 2015.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). *Capacidade Instalada de Geração Elétrica*. Brasília-DF. Ed. 05 de março de 2015. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138787/0/Capacidade+Instalada+de+EE+2014.pdf/cb1d150d-0b52-4f65-a86b-b368ee715463>. Acesso: 05 de agost. 2016.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MMW). *Resenha Energética Brasileira (ano base 2014)*. Brasília – DF. Ed. 2015.
- OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (OMS). *As interligações entre submercados: A consideração das restrições internas aos submercados no cálculo do CMO/PLD*. Rio de Janeiro. 2010.
- PAULA, C. P; YAMAGUCHI H. *Cogeração a biomassa em São Paulo regulação de leilões regionais de energia*. IX Congresso Brasileiro de Regulação - 3ª ExpoABAR. Brasília – DF. 2015.
- RAMALHO, M. L. *Território e macrossistema elétrico nacional. As relações entre privatização, planejamento e corporativismo*. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade de São Paulo – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências. São Paulo – SP. 2006.
- SANTOS, M. SILVEIRA, M. L. *O Brasil: território e sociedade no início do século XXI*. Ed. Record. Rio de Janeiro. 2001.
- SECRETARIA DE ENERGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Boletim Resumo Executivo*. Ano Base 2014. São Paulo: Secretaria de Energia, 2014.

SECRETARIA DE ENERGIA. *BALANÇO ENERGÉTICO DO ESTADO DE SÃO PAULO 2011*. Ano Base 2010. São Paulo: Secretaria de Energia, 2011, 264 p. (Série Informações Energéticas, 002). Disponível em: <http://www.energia.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/147.pdf>. Acesso em: 06 agost. 2016.

SECRETARIA DE ENERGIA. *BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2014*. Ano base 2013. São Paulo: Secretaria de Energia, 2014. Disponível em: <http://energia.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/642.pdf>. Acesso em: 06 agost. 2016.

SECRETARIA DE ENERGIA. *Plano Paulista de Energia – PPE-2020*. São Paulo: Secretaria de Energia, 2012. Disponível em: <http://www.energia.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/491.pdf>. Acesso em: 06 novem. 2016.

SECRETARIA DE ENERGIA. *Plano Paulista de Energia – PPE-2020*. São Paulo: Secretaria de Energia, 2012. Disponível em: <http://www.energia.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/491.pdf>. Acesso em: 06 agost. 2016.

UNIÃO DAS INDUSTRIAS DE CANA DE AÇÚCAR (UNICA). *A BIOELETRICIDADE DA CANA EM NÚMERO*. São Paulo- BR. 2016.

UNIÃO DAS INDUSTRIAS DE CANA DE AÇÚCAR (UNICA). *Cenário e Desafios para a Expansão do Setor Sucoenergético*. São Paulo- BR. 2012.