

EXTERNALIDADES DO SETOR SUCROALCOOLEIRO: INSERÇÃO DE CENTRAIS COGERADORAS A BAGAÇO DE CANA

SUGARCANE SECTOR EXTERNALITIES: INSERTION OF COGENERATION CENTRALS BY SUGARCANE WASTE

LAS EXTERNALIDADES DEL SECTOR SUCROALCOHOLERO: INSERCIÓN DE CENTRALES COGERADORAS EL BAGAZO DE LA CAÑA

Andressa Lemes Proque

Mestranda em Economia pela Universidade Federal da Bahia (UFBA) e graduada em Ciências Econômicas pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). E-mail: andressa.proque@ufv.br

RESUMO

A discussão na literatura acerca dos potenciais e externalidades da utilização da biomassa para cogeração de energia elétrica é extensa. O objetivo desse trabalho, de caráter exploratório e de cunho teórico, é discutir as principais externalidades ambientais, econômicas e sociais do setor sucroalcooleiro, diante da utilização do bagaço de cana-de-açúcar como insumo energético, no Estado de São Paulo. Efeitos negativos são consideráveis sobre os preços dos alimentos, mudanças no uso da terra e perda de biodiversidade. Efeitos positivos, mediante menor dependência dos combustíveis fósseis, são elencados. A expansão da produção de cana não traz vantagens de redução em emissões de gases poluentes, devido à queima da cana na colheita e destruição de ecossistemas naturais.

Palavras-chave: Externalidades. Setor Sucroalcooleiro. Cogeração de Energia Elétrica. São Paulo.

ABSTRACT

The discussion in literature about the potential externalities and the use of biomass for cogeneration of electricity is extensive. The aim of this paper, an exploratory and theoretical nature, is to discuss the major environmental, economic and social externalities of alcohol sector, before the use of sugarcane bagasse as energy source, in São Paulo. Negative effects are considerable on food prices, land use change and biodiversity loss. Positive effects through reduced dependence on fossil fuels are listed. The expansion of sugarcane production is not advantageous reduction in greenhouse gas emissions due to the burning of sugarcane harvesting and destruction of natural ecosystems.

Key-words: Externalities. Sugar Cane Sector. Cogeneration of Electricity. São Paulo.

RESUMEN

El debate en la literatura acerca de los posibles efectos y externalidades de la utilización de la biomasa para la cogeneración de energía eléctrica es muy amplia. El objetivo de este estudio exploratorio y de carácter teórico, es discutir las principales externalidades ambientales, económicas y sociales del sector sucroalcoholero, ante de la utilización del bagazo de la caña de azúcar como un aporte de energía, en el Estado de Sao Paulo. Efectos negativos son considerables sobre los precios de los alimentos, los cambios en el uso de la tierra y la pérdida de la biodiversidad. Efectos positivos a través de una menor dependencia de los combustibles fósiles, son catalogados. La expansión de la producción de caña de azúcar no brinda

ventajas de reducción de las emisiones contaminantes, debido a la quema de caña de azúcar en la cosecha y destrucción de los ecosistemas naturales.

Palabras-clave: Externalidades. Sector Sucroalcoholero. Cogeneración de Energía Eléctrica. São Paulo.

1 INTRODUÇÃO

O setor sucroalcooleiro tem apresentado notável potencial de geração de energia e interesse nos últimos anos, devido à utilização do bagaço da cana-de-açúcar como combustível. Diversos fatores contribuem para esse fenômeno, como a necessidade de se viabilizar fontes de energias limpas e a menor dependência por combustíveis fósseis. Como consequência, externalidades negativas têm sido previstas e atribuídas aos mesmos, tanto no que diz respeito a real capacidade de contribuir para reduzir a dependência dos recursos fósseis e hídricos, quanto às pressões sobre a perda de ecossistemas naturais.

O Brasil é o principal produtor de cana-de-açúcar do mundo, e tem no Estado de São Paulo um complexo agroindustrial responsável por cerca de 60% da cana cultivada no país, caracterizando-se como grande importador para outros estados. Conforme levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2014) para a safra 2012/13, o Estado produziu 330 milhões de toneladas de cana, ocupando mais de 4 milhões de hectares, das quais 53,8% destinam-se à produção de açúcar e 46,2% à de Etanol. Este potencial poderá ser explorado para aumentar a geração de energia elétrica.

As contribuições acerca da utilização da biomassa, particularmente do bagaço como matéria prima, na geração de energia elétrica e os potenciais canais desta foram desenvolvidas e revisitadas por diversos estudiosos do tema (WALTER, 1994; FAAIJ *et al*, 1998; COELHO, 1999; PELLEGRINI, 2002; SOUZA, 2003; RIPOLLI, 2004; GUARDABASSI, 2006; MARCONATO e SANTINI, 2008; BITTENCOURT, 2008).

Existem enormes incertezas sobre a capacidade da cogeração a bagaço de cana desempenhar um papel significativo na matriz energética do Brasil e do Estado de São Paulo. Entre elas podem-se citar os possíveis impactos sobre as transformações na agricultura e perda de biodiversidade, o aumento da concentração fundiária e dos preços de alimentos, as queimadas que antecedem a colheita da cana, a contribuição para

mitigação do aquecimento global. Questões como estas devem ser contempladas na análise.

Grande número de estudos tem sido desenvolvido recentemente, procurando avaliar os potenciais e as externalidades negativas de se produzir eletricidade através do bagaço de cana. O objetivo deste artigo é revisar os resultados de alguns desses estudos. Em particular, procurar-se-á analisar as principais externalidades ambientais, econômicas e sociais do setor sucroalcooleiro, diante da utilização do bagaço de cana como insumo energético, no Estado de São Paulo.

Este artigo está estruturado em quatro partes, além desta introdução. A próxima seção apresenta uma análise do setor sucroalcooleiro em nível nacional (Brasil) e estadual (Estado de São Paulo) elencando as principais características deste; a terceira explora a participação da biomassa, enfatizando os produtos da cana, na matriz energética brasileira e no Estado de São Paulo e, ainda, mostra as perspectivas, os desafios e os instrumentos de incentivos à geração de eletricidade a partir da biomassa da cana-de-açúcar como insumo energético; a quarta detalha o cerne do objeto, que é a análise das externalidades da indústria sucroalcooleira; e as considerações finais são apresentadas na quinta e última seção.

2 CARACTERIZAÇÃO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO

Esta seção realiza uma análise do setor sucroalcooleiro no contexto nacional (Brasil) e estadual (Estado de São Paulo). O principal objetivo é enfatizar o potencial da agroindústria canavieira, através de seus produtos e subprodutos, bem como suas características, que a tornam uma atividade dinâmica e importante para a economia.

2.1 O SETOR SUCROALCOOLEIRO BRASILEIRO

Um dos recursos renováveis de disponibilidade, em especial no Brasil, é a biomassa derivada da cana-de-açúcar geradora de açúcar, álcool anidro (aditivo para gasolina), álcool hidratado, energia elétrica (bagaço) e matéria-prima para plásticos biodegradáveis (açúcar). A cana é composta pelo bagaço, resíduo obtido a partir da moagem da cana, e pelo palhiço, matéria remanescente da colheita. A biomassa residual, decorrente do

processo industrial das usinas sucroalcooleiras, integraliza ao processo de cogeração, que consiste na produção simultânea de duas formas de energia com base em único combustível (COGEN, 2014). No caso, a fonte energética é o bagaço de cana.

No decorrer da década de 2000, a produção brasileira de cana-de-açúcar passou de 256,818 milhões de toneladas na safra 2000/01 para 569,216 milhões na safra 2008/09; em termos de área colhida, no mesmo período, o país apresentou um aumento em torno de 79%, conforme União da Indústria da Cana-de-Açúcar (UNICA, 2014). Esses números mostram um grande incremento da produção, e confirmam uma expectativa da participação cada vez maior do setor sucroalcooleiro no âmbito nacional.

No que se refere à produção de açúcar, o Brasil passou de cerca de 16 milhões de toneladas para aproximadamente 31 milhões, no mesmo período (anos 2000) analisado. Na safra 2012/13 foram produzidos 588.478 toneladas de cana e 38.246 toneladas de açúcar, volume superior em 5% e 6%, respectivamente, em comparação com a safra anterior (Figuras 1 e 2).

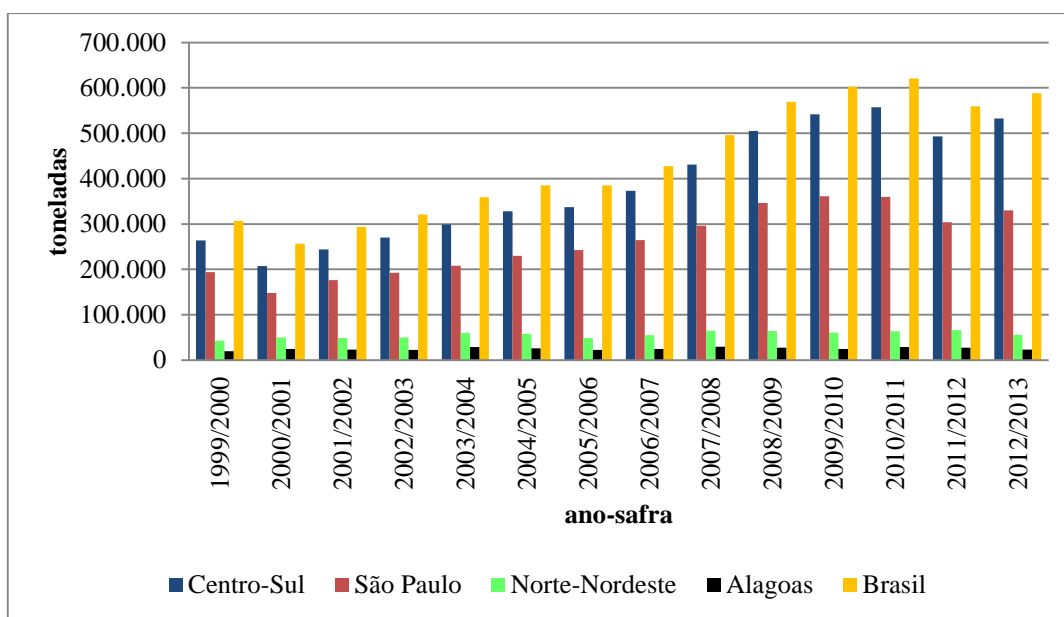


Figura 1: Evolução da produção brasileira de cana-de-açúcar
Fonte: UNICA.

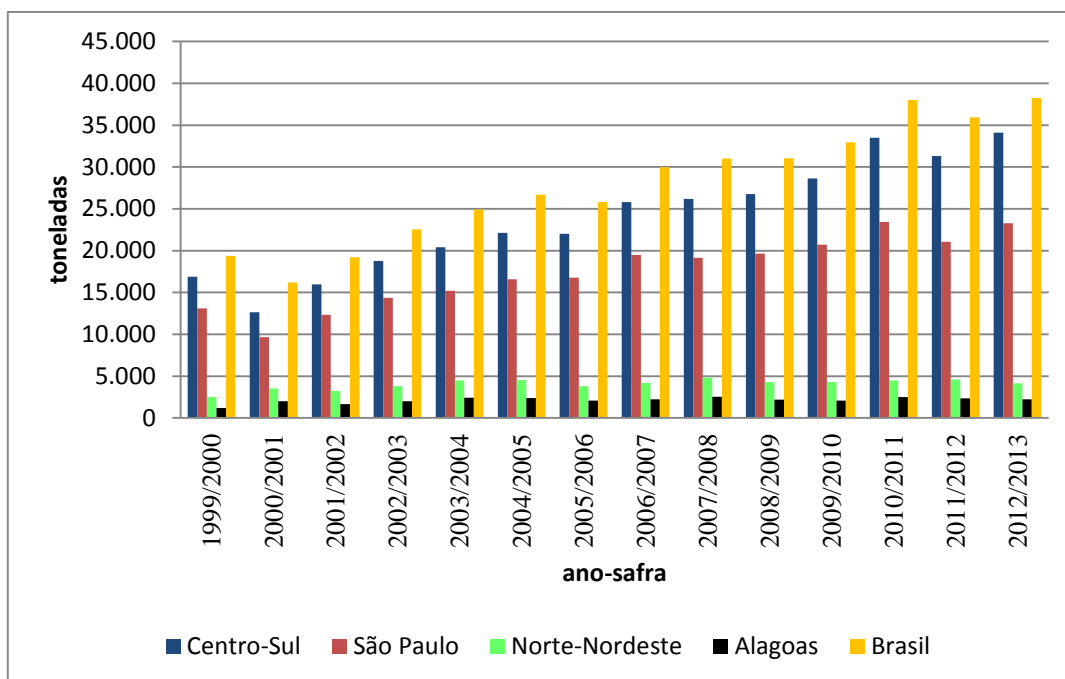


Figura 2: Evolução da produção brasileira de açúcar
Fonte: UNICA.

Quanto à produção de etanol, verifica-se a partir do ano de 2001 até a safra 2008/09 uma rápida expansão. Na safra 2000/01, o volume produzido foi de 10,592 bilhões de litros, enquanto em 2008/09 chegou a 27 bilhões de litros (UNICA, 2014). O comportamento da produção de etanol da cana-de-açúcar está associado aos incentivos a este. É importante ressaltar que, desde a década de 1970, quando foi implementado o PROGRAMA BRASILEIRO DO ÁLCOOL (Proálcool)¹, o etanol ganhou amplo impulso, tornando-se uma fonte de energia promissora para a matriz energética brasileira. Na safra 2011/12 foram produzidos 22,682 bilhões de litros de etanol, uma redução cerca de 17% se comparada a safra 2010/11. Esse declínio da produção foi devido à diminuição no uso do produto como combustível (Figura 3).

¹ O Programa Brasileiro do Alcool foi criado em 1975 pelo Decreto nº 76.593 a fim de estimular a produção de álcool em substituição aos combustíveis derivados do petróleo.

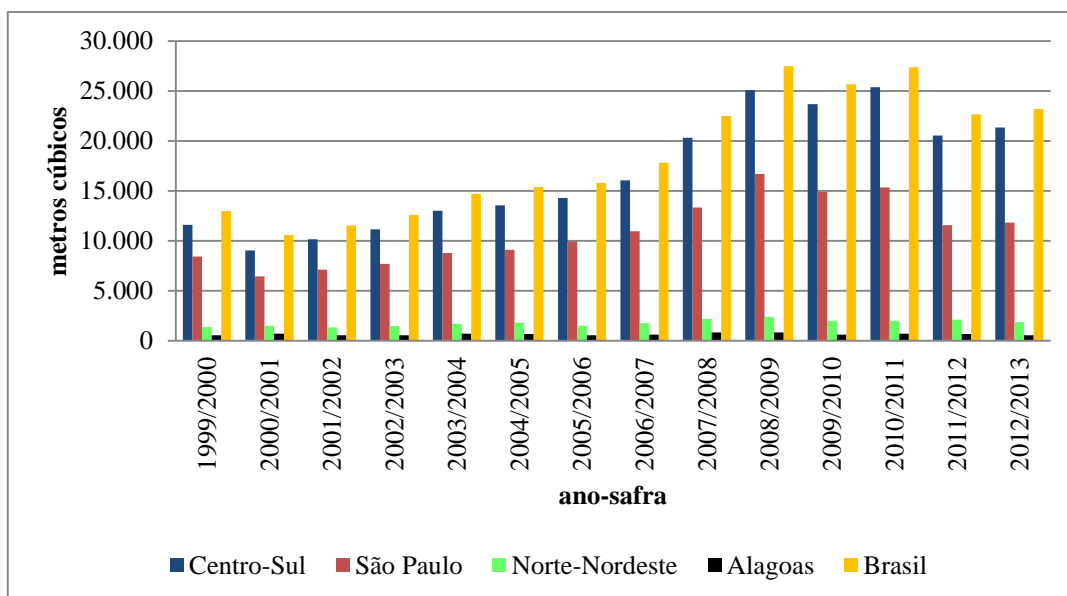


Figura 3: Evolução da produção brasileira de etanol total
Fonte: UNICA.

Enfatiza-se que a produção de etanol passou a ganhar maior importância nos anos 2000, resultando maior equilíbrio no direcionamento da cana. Na safra 2012/13, 51% da cana foi direcionada para a produção de etanol e o restante para açúcar. Particularmente a partir de 2003, com o lançamento dos automóveis *flex fuel*, em meio aos altos preços de petróleo, o etanol ganhou relevância sob âmbito nacional.

Com a instituição do Proálcool, em 1975, uma parte relevante das usinas sucroalcooleiras tornou-se autossuficiente em termos energéticos. A partir do bagaço da cana, estas passaram a gerar a energia necessária para suprir sua demanda. Esse item será detalhado na parte 3. Com o objetivo de aumentar a produção de etanol, a partir da cana-de-açúcar, procurando reduzir a dependência externa do petróleo importado, o programa incentivou a atuação da indústria.

O setor sucroalcooleiro, por ser uma atividade agroindustrial, é influenciado diretamente pela característica da sazonalidade da produção de cana-de-açúcar, que se concentra nas regiões Centro-Sul e Norte-Nordeste. Isso implica na realização de duas colheitas por ano no país. Na região Sudeste que engloba o Estado de São Paulo, foco deste estudo, a safra se estende de abril a novembro. Este Estado é o maior produtor de cana do país, posição esta que se reafirma cada vez mais. Como visto em todas as figuras acima, a região Centro-sul tem exposto resultados superiores aos da região Norte-Nordeste por ter um custo de produção menor, em virtude das condições climáticas e topográficas.

É interessante destacar que a existência de duas regiões produtoras de cana permite uma dissociação entre o período de colheita e as necessidades de consumo, levando o Brasil a ser abastecido com açúcar e etanol o ano todo, já que os períodos de safra entre as regiões são diferentes.

Conforme levantamento do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2013)², o Brasil contava com 389 unidades produtoras de cana em operação, até dezembro de 2013, sendo 250 mistas (produtoras de açúcar e etanol), 117 destilarias e 11 produzindo apenas açúcar. Destas, grande parte das usinas concentram no Estado de São Paulo, com 167. Das 389 unidades, 11 estão sem lançamento.

Nos anos 2000, ocorreu uma rápida expansão da área cultivada com cana-de-açúcar destinada ao setor sucroalcooleiro (Figura 4). No ano de 2000 a área correspondia a cerca de 4.879,0 mil hectares, em 2008 de 8.210,0 mil hectares, representando um crescimento de 59%. Em 2012/13, a área total foi de 8.485,0 mil hectares (CONAB, 2014), sendo o Estado de São Paulo o maior produtor (4.419,48 mil hectares). Este acelerado aumento gera um desafio a ser analisado quanto ao aspecto social e ambiental, devido às queimadas antes da colheita da cana. A descrição de tal problema será feita na parte 4.

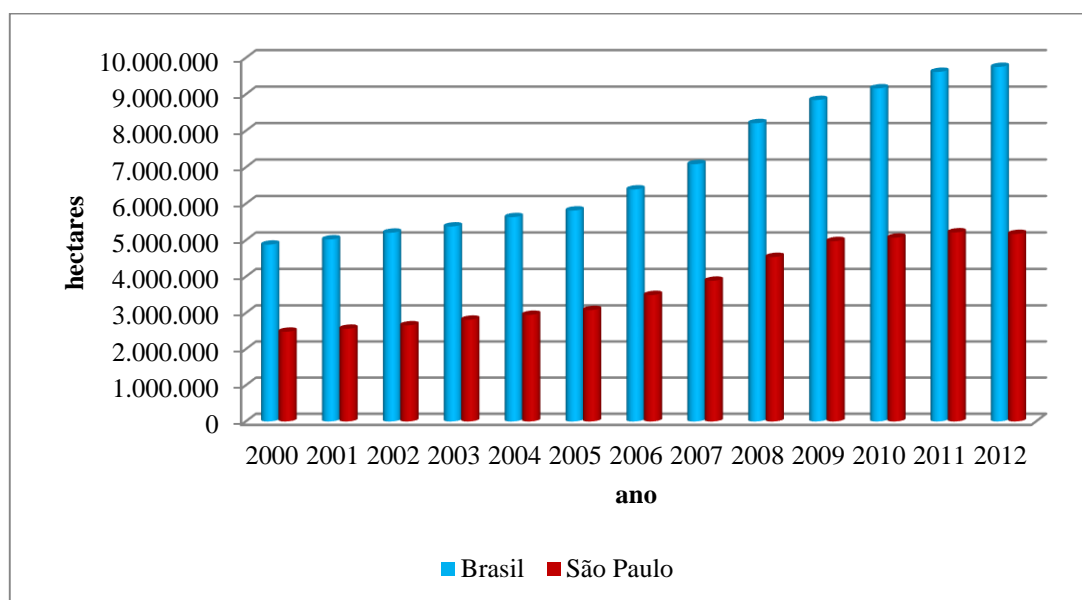


Figura 4: Evolução da área brasileira plantada de cana-de-açúcar
Fonte: UNICA.

² Relação de instituições cadastradas no departamento de cana-de-açúcar e agroenergia, atualizado em: 20/dezembro/2013.

Outra característica essencial do setor sucroalcooleiro, além da sazonalidade, é a flexibilidade da produção, que permite a composição de um *mix* diferenciado. As decisões referem-se a produzir mais açúcar, ou mais etanol. Esse instrumento permite que os produtores redirecionem suas atividades frente aos sinais de mercado. Entretanto, tais decisões não devem ser desvinculadas de um planejamento a longo prazo para os produtos em questão. As escolhas, de quanto produzir de açúcar e etanol, são tomadas com antecedência dada a operacionalização da produção.

A evolução esperada do mercado externo é outro elemento fundamental para o setor sucroalcooleiro brasileiro. No ano-safra 2008/09, o volume exportado de açúcar foi de 20,8 milhões de toneladas, atingindo 27,5 milhões de toneladas em 2010/11 e reduzindo para 25 milhões em 2011/12. As pesquisas revelam que o volume exportado continuará crescendo nos próximos anos. A previsão é que o Brasil exporte 32,6 milhões de toneladas em 2019. (UNICA, 2014).

Estudos apontam subseqüentes perspectivas de expansão da produção de cana-de-açúcar, implicando uma participação ainda maior do setor sucroalcooleiro. Isso indica que o bagaço de cana pode vir a ser um elemento considerável na matriz energética brasileira. Estimativas mostram uma produção brasileira superior a 800 milhões de toneladas de cana em 2015/16, e acima de 1000 em 2020/21, gerando volumes superiores a 40 bilhões de litros de etanol (Tabela 1). Para os próximos seis anos, estima-se uma participação de 14% na matriz elétrica através do processo de cogeração usando bagaço e palha (COGEN, 2014).

Tabela 1 – Projeção para o setor sucroalcooleiro – Brasil

	2015/16	2020/21
Produção de cana-de-açúcar (milhões toneladas)	829	1.038
Açúcar (milhões toneladas)	41,3	45,0
Consumo interno	11,4	12,1
Excedente para exportação	29,9	32,9
Etanol (bilhões litros)	46,9	65,3
Consumo interno	34,6	49,6
Excedente para exportação	12,3	15,7
Bioeletricidade (MW médio)	8.158	13.158
Participação na matriz elétrica (%)	11%	14%

Fonte: COGEN (2014).

2.2 O SETOR SUCROALCOOLEIRO NO ESTADO DE SÃO PAULO

A cultura da cana-de-açúcar tinha, inicialmente, sua produção concentrada na Zona da Mata Nordestina. Rapidamente expandiu para a região Sudeste, mais especificamente para o Estado de São Paulo, sendo atualmente o maior polo industrial e agrícola de tal cultura onde se encontram 43% das usinas e destilarias do país. A introdução de novas tecnologias e a crescente mecanização auxiliaram o Estado a condição atual de grande produtor agrícola. O perfil do setor sucroalcooleiro paulista é diversificado, contando com grandes usinas e, também de pequeno e médio porte.

Durante os anos 2000, a produção paulista de cana-de-açúcar teve uma considerável evolução, passando de 148,256 milhões de toneladas no período 2000/01 para 346,293 em 2008/09. Já na safra 2012/13 a produção atingiu 330 milhões de toneladas de cana moída (equivalente a 56% da produção brasileira na mesma safra), com uma média de rendimento de 74 toneladas por hectare (UNICA, 2014). Esta evolução do Estado pode ser vista, mais detalhadamente, na Figura 1.

No mesmo período analisado (anos 2000), a produção de açúcar passou de 9,675 milhões de toneladas para 19,662; enquanto em 2012/13 chegou a 23,289 milhões de toneladas. Quanto ao etanol, o volume produzido foi de 6,439 bilhões de litros em 2000/01, chegando a 16,722 bilhões na safra 2008/09. O etanol sofreu um decréscimo na sua produção da ordem de 41% da safra 2008/09 para a 2012/13, como pode ser observado na Figura 3. Ainda assim, o Estado de São Paulo se destaca se forem consideradas as produções de açúcar e etanol, produzindo 68% do açúcar e 55% do etanol do total da região Centro-Sul na última safra (UNICA, 2014).

Somente o Estado que conta, atualmente, com 167 usinas e destilarias, ocupa uma área plantada de 4.419,48 mil hectares, representa 52% dos 8 milhões de hectares plantados de cana-de-açúcar em todo o Brasil. A área paulista cultivada vem crescendo ao longo dos anos 2000, como mostra a Figura 4.

Os dados confirmam que a produção da cana-de-açúcar brasileira não se distribui uniformemente entre os estados. Na liderança do ranking de produção está São Paulo, seguido por: Goiás (8,55%), Minas Gerais (8,51%), Paraná (7,20%), Mato Grosso do Sul (6,34%), Alagoas (5,25%), Pernambuco (3,68%) (CONAB, 2014).

O PIB per capita a preços correntes, em 2011, de São Paulo foi R\$ 42.152,76 indicando que o Estado possui um percentual significativo do PIB brasileiro (IBGE, 2014). Índices sociais relativamente bons em relação a outros estados brasileiros, alta concentração da indústria em vários setores da economia nacional, grandes centros financeiros, excelente logística, centros de pesquisas de relevância são algumas das características do Estado. Entretanto, mantém um grau de dependência energética.

Os números mostram que o Estado de São Paulo tem grande potencial de crescimento com relação à produção de cana-de-açúcar para os próximos anos, aliado também ao potencial para aproveitamento das políticas de incentivo as fontes alternativas de energia, quando considerada a biomassa. No entanto, os estímulos à expansão da cultura canavieira em discussão trazem efeitos negativos consideráveis sobre as mudanças no uso da terra, questões climáticas e outros. O futuro da bioeletricidade e do etanol dependerá da forma como será conduzida esta expansão. Os maiores desafios, nesse sentido, para o Estado são a preservação da Mata Atlântica e do Cerrado, onde tem a ocupação da atividade canavieira, e o fim das queimadas que antecedem a colheita. A seção 4 discutirá com mais detalhes esse aspecto.

3 O PROCESSO DE COGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Esta seção expõe a participação do setor sucroalcooleiro na matriz energética nacional e estadual, com ênfase para os produtos da cana. Além desta análise energética, a seção descreve as perspectivas, os desafios e os instrumentos de incentivos a geração de eletricidade, via cogeração, a partir do bagaço da cana-de-açúcar.

3.1 A CANA-DE-AÇÚCAR NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

A crise do setor elétrico brasileiro em 2001, provocada pelos baixos níveis de armazenamento dos reservatórios, constatou o déficit da oferta de eletricidade e a ausência de medidas, tais como linhas de transmissão, uso de fontes renováveis de energia (biomassa, eólica, solar), termelétricas e o aumento da geração de energia elétrica via cogeração. Este armazenamento de energia renovável e a sua possível conversão em

energia elétrica fornecem ao país uma alternativa a diversificação da matriz energética brasileira.

A necessidade de se viabilizar fontes de energias limpas decorre desta crise de abastecimento energético, que evidenciou investimentos setoriais insuficientes, e também da problemática ambiental, econômica e geopolítica em torno da extração do petróleo. Este é o cenário que o setor sucroalcooleiro deve desafiar para ensejar ou não o aumento de sua participação na matriz energética brasileira.

A geração de energia no Brasil e no mundo ainda depende dos meios tradicionais de produção. Em relação à oferta interna de energia, o Brasil comparativamente a outros países apresenta a mesma dependência do petróleo (37,4%) (Figura 5). Entretanto, tem a significativa diferença na participação da biomassa na matriz energética (30,9%), dado que cerca de apenas 10% do fornecimento de energia no resto do mundo advém da biomassa. Para os países da *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD), esse percentual é ainda menor, somente 4% do fornecimento de energia vem da biomassa (MME, 2007).

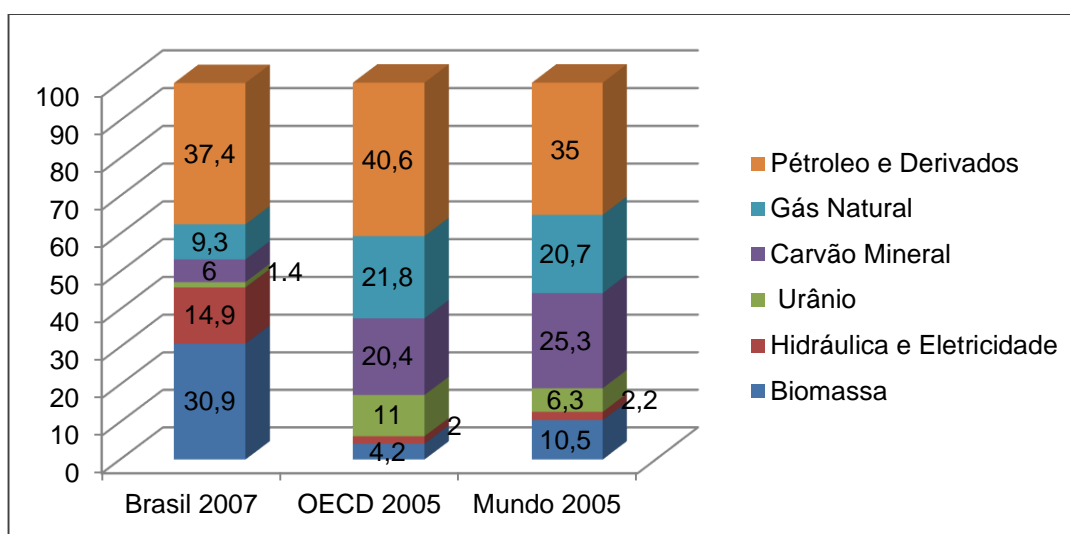


Figura 5: Matriz de oferta interna de energia (%) – Brasil e Mundo
Fonte: MME/BEN (2007).

Segundo dados do Ministério das Minas e Energia (MME, 2013), no ano de 2012, 28,6% da oferta interna de energia procederam da biomassa, sendo os produtos da cana responsáveis por 15,4% desse valor (Figura 6). Em relação ao ano de 2007, como visto na Figura 5, a participação da biomassa na matriz energética brasileira teve um decréscimo. A fim de planejar o setor energético do país para o ano de 2030, o Plano Nacional de Energia

prevê que as fontes renováveis de energia tendem a representar mais de 50% na matriz energética nacional, com destaque para a biomassa da cana (MME, 2007).

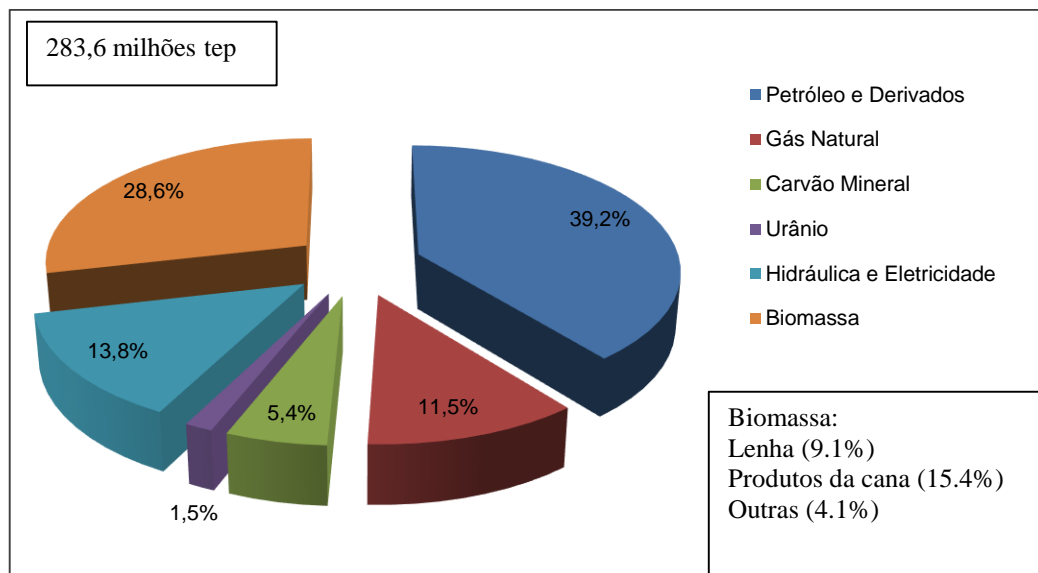
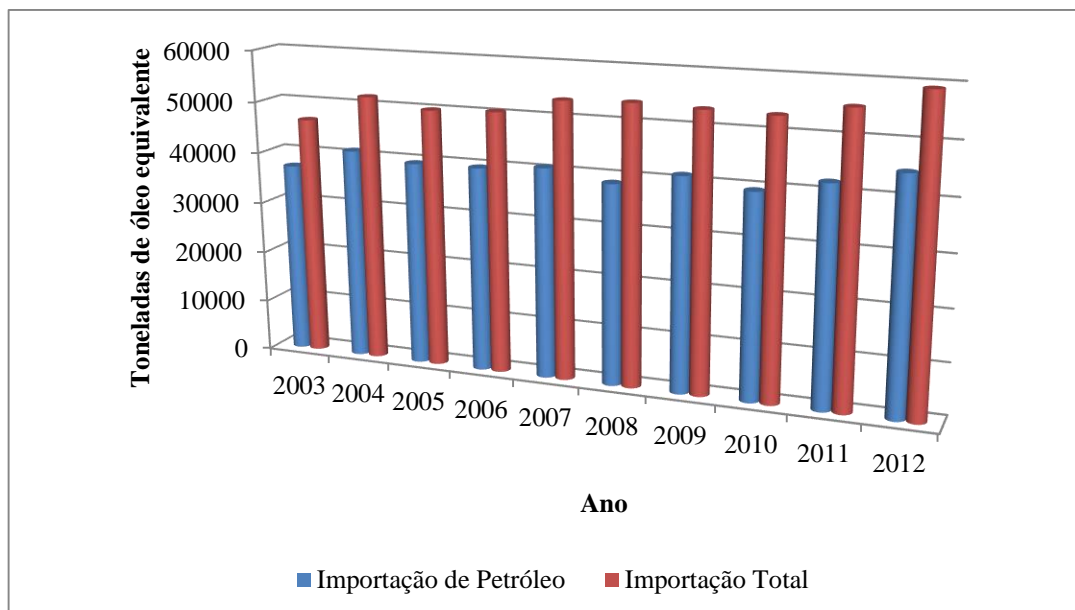


Figura 6: Oferta interna de energia – Brasil 2012 (%)
Fonte: MME/BEN (2012).

É possível buscar alternativas mais viáveis para geração de energia elétrica. As fontes renováveis aparecem como solução para complementar as convencionais, podendo colaborar para o suprimento de energia a comunidades isoladas, tais como os sistemas retirados da região Norte. O Brasil, com grande participação de hidroeletricidade na matriz energética, exhibe variedade de opções de energia renovável, tais como: eólica, solar e biomassa. A busca por tais fontes é uma oportunidade notável para a entrada de novos ofertantes de energia elétrica no mercado, como o setor sucroalcooleiro.

No Estado de São Paulo, também nota-se a grande dependência do petróleo e derivados. Conforme o Balanço Energético do Estado de São Paulo (BEESP, 2013), no ano de 2012, a dependência do petróleo apresentou uma participação de 15,1%. A importação deste, no mesmo ano, representou cerca de 76% de toda importação de energia (Figura 7). Isso sugere que o Estado precisa de novas fontes de geração de eletricidade para garantir o suprimento de energia.



*toneladas de óleo equivalente

Figura 7: Evolução das importações de energia do Estado de São Paulo

Fonte: BEESP (2013).

Com relação à oferta interna bruta de energia, no mesmo ano, a participação das energias renováveis foi de 52,3%, destacando os derivados da cana (29,8%), bem como hidráulica e eletricidade (18,8%). Já para as energias não renováveis, obteve-se 47,7%, com ênfase para o petróleo e derivados (39%) (Figura 8).

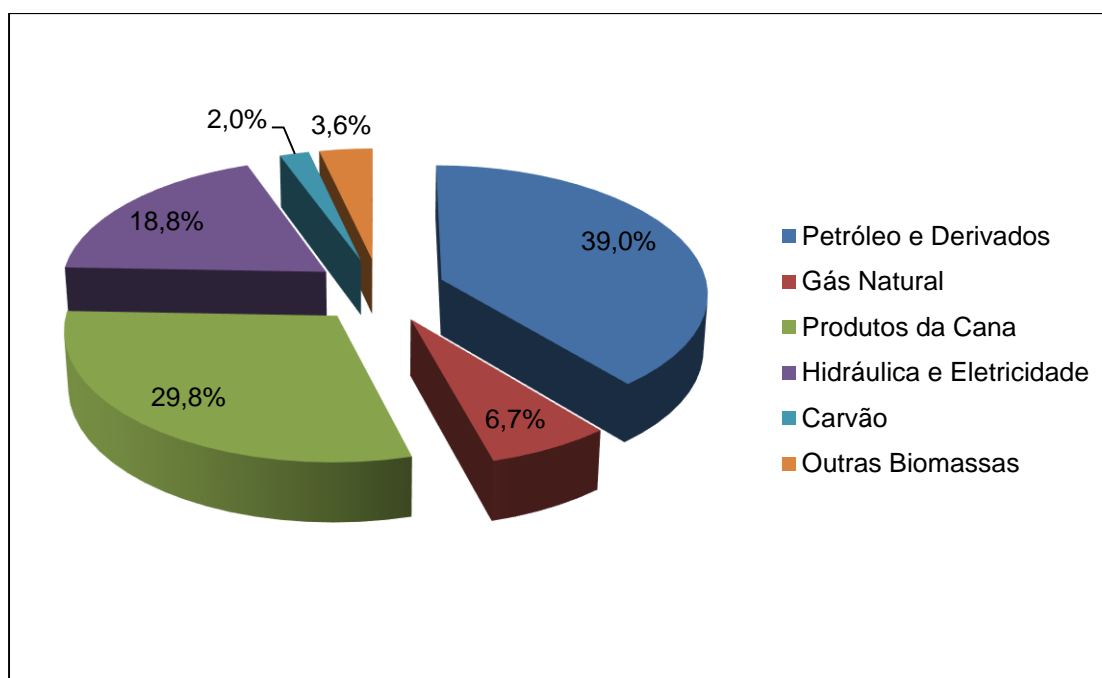


Figura 8: Oferta de energéticos do Estado de São Paulo

Fonte: BEESP (2013).

A produção de energia primária obteve um crescimento relevante de 53,6% entre 2003 e 2012, devido fundamentalmente aos insumos renováveis como caldo de cana, melaço, bagaço. Esses números reforçam a importância das matérias primas renováveis na evolução da produção e oferta de energia do Estado de São Paulo.

Dado o grande potencial das indústrias sucroalcooleiras paulistas, a utilização da biomassa, particularmente do bagaço da cana, na complementação da geração termelétrica pode ser vista como uma alternativa atraente. Devido à extensa quantidade de cana processada pelo setor, é possível gerar energia elétrica por meio da queima do bagaço, que é utilizado na usina como combustível, sendo o excedente comercializado para outras indústrias. Ao considerar a biomassa, é possível notar que o Estado apresenta o maior potencial para aproveitamento das políticas de incentivo às fontes renováveis de energia.

3.2 BAGAÇO DE CANA NA COGERAÇÃO – PERSPECTIVAS E DESAFIOS

Na década de 2000, a energia da cana passou a ser aproveitada pelo processo de cogeração, cuja fonte primária é o bagaço que, ao ser queimado, gera energia térmica em forma de vapor e energia elétrica. O bagaço é queimado em uma fornalha e o vapor é produzido em uma caldeira. O jato de vapor gira uma turbina que, interligada ao eixo de um gerador, faz este movimentar e gerar a energia elétrica.

Antes dos anos 2000, o bagaço era visto como resíduo indesejável. O processo foi reforçado em 2002 com o PROGRAMA DE INCENTIVO ÀS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA ELÉTRICA (Proinfa)³ e, em seguida, com os leilões de energia (GOLDEMBERG *et al*, 2008).

Nas usinas de açúcar e álcool, fomentadas pelos montantes de bagaço, a prática da cogeração gera energia termelétrica que pode ser aproveitada para suprir a própria demanda, como também ser comercializada como energia excedente.

O uso do bagaço da cana para a geração de energia elétrica via cogeração, tem sido bastante discutido como alternativa à geração de energia elétrica fóssil e hidráulica.

³ O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica foi criado em 2002 pela Lei nº 10.438, codornado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), a fim de diversificar a matriz energética brasileira com o uso de fontes renováveis, como: eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas, no Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN).

Segundo Souza (2003), o bagaço usado como insumo energético é destinado a algumas áreas do setor industrial, como por exemplo: papel e celulose. Ripolli (2004) contabiliza, para a Região Centro-Sul, o número de indivíduos que poderiam ser atendidos, por ano, pela disponibilidade de energia elétrica a partir do bagaço da cana. Este insumo é responsável por suprir energia térmica e mecânica das indústrias de produção de açúcar e álcool via cogeração (GUARDABASSI, 2006). Outra vantagem do processo é o uso eficiente do conteúdo de energia primária através do aproveitamento da energia térmica que seria atirada para a atmosfera (LEME, 2005).

Além de permitir a diversidade da produção para o setor sucroalcooleiro, o sistema gera benefício para o setor elétrico em razão da garantia de eletricidade no período seco da área do Centro-Sul, que corresponde ao período da safra de cana (COELHO, 1999). Uma das grandes bandeiras a impulsionar o uso do bagaço na geração de energia elétrica é a crença na capacidade deste fornecer energia mais limpa que os meios tradicionais e diminuir a dependência do petróleo. Embora a queima do bagaço nas caldeiras pelas usinas seja fonte de poluição atmosférica, esta prática é menos poluente que os combustíveis fósseis. Logo, o sistema é reportado como solução para a redução dos problemas ambientais e econômicos atribuídos à dependência por combustíveis fósseis (MARCONATO e SANTINI, 2008).

Um dos principais entraves ao processo de cogeração refere-se aos custos relativamente altos de transporte. Como o calor só poder ser utilizado próximo ao centro produtor, é difícil transportar energia térmica para centros mais distantes. Além de ser custoso, isso limita as usinas a unidades pequenas quando comparadas com as centrais térmicas convencionais. Logo, a geração de energia na própria região da usina é mais barata.

Embora possua as externalidades positivas citadas anteriormente, o bagaço possui também desvantagens para sua utilização como alternativa energética. Como a cana-de-açúcar é uma cultura sazonal, o bagaço não é continuamente fornecido pela indústria, o que exige a formação de estoques para suprir a necessidade na entressafra. No entanto, um longo tempo de estocagem leva a decomposição deste. Quando *in natura* possui baixa densidade. Em consequência da sua umidade, tem eficiência de queima reduzida em relação ao óleo combustível, implicando um decréscimo da eficiência térmica das caldeiras que utilizam o bagaço.

Toda a discussão em torno do processo de cogeração a partir do bagaço, como alternativa de substituição da energia elétrica de origem fóssil e hidráulica, vem crescendo atualmente em função da expansão da atividade canavieira, o que traz um avanço das preocupações ambientais. Dentre essas, estão: competição por terra da cana-de-açúcar com alimentos, indução ao desmatamento pela expansão desenfreada, as emissões de gases do efeito estufa.

Questionamentos como estes trazem desafios ao setor sucroalcooleiro e a sociedade de modo geral. Um desses é planejar e adequar à cadeia produtiva, e também melhorar a sustentabilidade social e ambiental da produção, para assim evitar os futuros problemas. Outro importante desafio é acelerar o cronograma que coloca o fim das queimadas antes da colheita da cana-de-açúcar. Todas estas colocações evidenciam para o conceito de desenvolvimento sustentável (GOLDEMBERG *et al*, 2008).

Pode-se concluir dos estudos discutidos que diversos são os instrumentos de incentivos a geração de eletricidade a partir da biomassa da cana-de-açúcar, mais especificamente do bagaço. Efeitos positivos, como a menor dependência dos combustíveis fósseis, foram elencados. Entretanto, o processo deve trazer efeitos negativos não desprezíveis, como consideráveis mudanças no uso da terra e perda de biodiversidade. Estas externalidades, cerne do objeto deste estudo, serão discutidas na próxima parte.

4 CANA-DE-AÇÚCAR, MUDANÇA CLIMÁTICA E MEIO AMBIENTE

Esta seção expõe algumas externalidades ambientais, econômicas e sociais da indústria sucroalcooleira, com o foco na utilização do bagaço de cana-de-açúcar como insumo energético no Estado de São Paulo.

Na avaliação econômica habitual, os custos ambientais não estão incluídos diretamente nos preços, de forma que a sociedade indiretamente paga por eles (MÖLLERSTEN *et al*, 2003). Estes custos ou benefícios são as externalidades, podendo incluir externalidades negativas (efeitos negativos) e positivas (benefícios).

4.1 EXTERNALIDADES NEGATIVAS

Temas como a expansão da fronteira agrícola, a queimada precedente ao corte da cana, a mecanização da colheita em substituição a colheita manual, devem receber um tratamento adequado dentro do contexto das externalidades.

Um fator de importância na mensuração dos benefícios ambientais, que tem ganho destaque no debate sobre as vantagens e desvantagens do processo de cogeração a partir do bagaço da cana-de-açúcar, é o impacto da expansão da produção sobre áreas de cobertura vegetal natural. Percebe-se que o setor sucroalcooleiro vem apresentando acelerada expansão e, com efeito, recebe pressões ambientais de diversas naturezas.

A principal mudança no uso da terra seria o aumento da área cultivada com cana-de-açúcar, em detrimento de outros produtos agrícolas, que teriam suas áreas reduzidas. Isso implicaria em um aumento na procura de equipamentos destinados ao processamento da cana, bem como nos sistemas voltados a cogeração de energia a partir do bagaço. Os impactos causados por esta medida sugerem grandes alterações na paisagem agrícola, com diminuição considerável das áreas de pastagens e de florestas plantadas. O aumento da área agrícola levaria uma redução dos ecossistemas naturais e teria, também, uma redução nas lavouras alimentares, impactando o preço dos alimentos. Ademais, ocorrerá redistribuição regional da produção e aumento da concentração fundiária.

A expansão da atividade canavieira gera um desafio importante a ser considerado em relação ao aspecto ambiental, sendo a necessidade de preservação de ecossistemas como o Cerrado, a Mata atlântica, o Pantanal. Tal atividade não deve exercer influência sobre outras culturas, de forma a empurrar estas para outras localidades como a Amazônia.

No caso da cana, no Brasil, se esta substituísse áreas de Cerrado em que predominam formações arbóreas, certamente proporcionaria danos ambientais significativos. No Estado de São Paulo, a preocupação é com o aumento do cultivo da cana no Bioma Cerrado e nas áreas de Mata Atlântica, como por exemplo, nas proximidades de Ribeirão Preto. Caso o setor sucroalcooleiro pressionar outras formas de agronegócio, a expansão é tida como uma externalidade negativa (PRADO, 2007).

No que diz respeito às mudanças climáticas, atribuídas ao aumento das emissões antropogênicas de gases de efeito estufa, um aspecto relevante que deve ser analisado é a questão das queimadas precedentes a colheita da cana-de-açúcar. Os motivos da queima

são a limpeza do canavial com o propósito de facilitar a operação do corte manual, e também do mecânico, a segurança dos colhedores de cana e exclusão de impurezas. Contudo, a queima pode trazer problemas de saúde aos cortadores, poluição ambiental com danos a fauna e flora, e assoreamento de mananciais.

O fogo pode ultrapassar a área dos canaviais e atingir reservas florestais. O desmatamento, principalmente com as queimadas, é um grande emissor de dióxido de carbono (CO₂). Durante as queimadas há a liberação de gases como monóxido de carbono (CO) e gases hidrocarbonetos (HC), que são poluentes e precursores para a formação do ozônio troposférico. Destaca-se também o CO₂ emitido pelos equipamentos agrícolas. Isso pode trazer consequências sérias para o meio ambiente de modo geral.

Com o intuito de minimizar estes problemas, foram criadas leis que estabelecem prazos para o fim da queimada antes da colheita. Em setembro de 2002, no Estado de São Paulo, foi aprovada a Lei Estadual nº 11.241, estabelecendo que as queimadas sejam extintas conforme um cronograma com prazo final em 2021 para áreas mecanizáveis, e em 2031 para não mecanizáveis. Isso possibilitaria o aproveitamento da palha da cana, perdida nesse modelo de colheita. A Secretaria de Meio Ambiente (SMA) do Estado de São Paulo e a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA) firmaram uma proposta, em 2007, para o fim das queimadas até 2017 (e 2014 para áreas mecanizáveis) (RONQUIM, 2010).

A externalidade negativa da atividade canvieira vem diminuindo de acordo com a legislação, visando substituir a colheita com uso de queima dos canaviais pela colheita mecanizada. Minimizando as queimadas dos canaviais, é possível reduzir as emissões de CO₂ e usar a palha da cana como combustível complementar ao bagaço na geração de energia elétrica, via cogeração.

Por outro lado, a eliminação da prática das queimadas da cana pode levar a uma intensificação da mecanização, e isso por sua vez gera impactos sociais. A inserção da tecnologia do corte da cana com as colhedoras mecânicas, em substituição a colheita manual, leva a uma sazonalidade da mão de obra. Isso pode contribuir para o aumento no número de desempregados. Muitos cortadores de cana do Estado de São Paulo são de origem de outros lugares do país, implicando que tais ficariam sem trabalhar ao voltarem para suas cidades de origem. Outra questão a ser discutida é que o sistema mecanizado exige qualificação e treinamento específico dos trabalhadores.

Segundo Ronquim (2010), o fim da queimada traz consequências: diminui perto de 80% as emissões totais dos gases de efeito estufa, mesmo com o consumo de combustíveis fósseis na colheita mecanizada, e o uso da palha no processo de cogeração induz a redução da emissão de carbono pela matriz energética nacional.

4.2 EXTERNALIDADES POSITIVAS

A dependência energética que os países, particularmente o Brasil, possuem em relação ao petróleo conduz a busca por fornecimento de energias alternativas, como a proveniente da biomassa. O problema relevante é que grande parte das emissões de CO₂ vem da geração de energia elétrica a partir dos combustíveis fósseis, agredindo o meio ambiente. Por isso, é necessário substituir a fonte primária fóssil pela renovável.

Os produtos energéticos da cultura canavieira, etanol e bagaço, tem impulsionado consideravelmente a redução das emissões brasileiras de gases que provocam o efeito estufa, por serem substitutos dos combustíveis fósseis, gasolina e óleo combustível, respectivamente (MACEDO *et al*, 2004).

Em relação ao etanol, está a importância de um planejamento de longo prazo, enfatizando a necessidade de abastecimento do produto, dada a frota de carros movidos a esse biocombustível e de carros *flex* em circulação no país.

A opção pelas fontes renováveis colabora para a redução dos impactos ambientais locais e regionais. Outro aspecto relevante de destaque é que a redução dessas emissões melhora a qualidade do ar, diretamente relacionada à saúde (GUARDABASSI, 2006). A cana exibe um baixo percentual de emissões de gases de efeito estufa, todavia um impacto ambiental quase duas vezes maior que o óleo vegetal reciclado (SCHALERMANN e LAURANCE, 2008). Assim, o principal argumento favorável ao uso do bagaço de cana-de-açúcar como insumo energético refere ao fato da menor dependência dos combustíveis fósseis, sendo este menos agressor ao meio ambiente.

A diversificação da matriz energética é importante, sobretudo, no período de menor pluviosidade, que coincide com a safra da indústria sucroalcooleira. Na seca, são necessárias fontes alternativas para gerar energia elétrica para não ocorrer crises energéticas, igual à de 2001, e também para não afetar o meio ambiente. Aliado a isso, está o fato do Brasil ser o principal produtor de cana-de-açúcar do mundo, o que torna atraente

o uso do bagaço da cana para cogeração de energia. Ressalta-se que o setor sucroalcooleiro saboreia uma expansão acelerada devido ao crescimento dos mercados interno e externo de açúcar e etanol.

Com relação às queimadas antes da colheita da cana, medidas estão sendo tomadas para o seu fim, tendo um impacto positivo no cenário das emissões atmosféricas. A extinção da queima permite a redução da ocorrência de incêndios não controláveis. Outro ponto é que a mecanização da colheita propicia uma redução da utilização de herbicidas, pois sem queima o solo fica coberto de palha que prejudica o desenvolvimento de plantas invasoras (RONQUIM, 2010). Ademais propicia maior eficiência e volume de resíduos, como o bagaço, para gerar energia.

Toda a expectativa da participação do setor sucroalcooleiro cada vez maior na matriz energética nacional aponta para as preocupações ambientais, econômicas e sociais citadas anteriormente, como a velocidade de expansão da cultura canavieira em detrimento da produção de alimentos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste artigo buscou-se discutir as externalidades ambientais, econômicas e sociais do setor sucroalcooleiro, destacando o processo de geração de energia elétrica, via cogeração, a partir do bagaço da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, foco deste estudo. Apesar de a cultura canavieira ser um exemplo importante no sistema de energia elétrica a partir da biomassa, em substituição aos combustíveis fósseis, a expansão da área plantada com cana no Brasil, e particularmente no Estado de São Paulo, tem gerado problemas ambientais e tem ganho importância no debate em questão.

Devido à multidisciplinaridade do tema, vários pontos foram abordados. A geração de energia elétrica a partir do bagaço traz consigo externalidades negativas consideráveis sobre alteração de uso e ocupação do solo, emissões de gases de efeito estufa com as queimadas, remoção da vegetação natural e mudanças nos preços dos alimentos. Nesse sentido, a expansão da produção canavieira não traz vantagens para a sociedade.

Externalidades positivas também foram elencadas dentro desse contexto. A principal refere-se na diversificação da matriz energética a fim de diminuir a dependência do petróleo e derivados, com o uso da biomassa. Embora a queima do bagaço nas caldeiras

das usinas seja uma fonte de poluição atmosférica, os estudos reportam que esta polui menos que os meios tradicionais.

Uma possibilidade não trabalhada nesse artigo é a de execução de monitoramento e avaliação das concentrações de ozônio em relação a outras fontes de emissões atmosféricas, afora das queimadas que antecedem a colheita da cana-de-açúcar em todas as áreas de produção desta. Isso pode contribuir significativamente para as melhores decisões do que pode ser possível de fazer nos próximos anos, ou seja, se é melhor expandir a produção de cana-de-açúcar e usar o bagaço para gerar energia; ou continuar com a dependência fóssil e hidráulica; ou investir nas outras fontes de energia, tais como eólica e solar. É importante destacar que em todas essas decisões deve-se pensar e repensar nas externalidades ambientais, econômicas e sociais.

Por fim, acredita-se que o setor sucroalcooleiro deve continuar se desenvolvendo em velocidade acelerada nos próximos anos, apesar dos aspectos negativos apontados neste artigo. Não obstante, na medida em que tais externalidades negativas sejam verificadas, estas devem influenciar o planejamento e as direções das políticas energéticas, agrícolas e climáticas do país. O mérito desse trabalho é recomendar que não sejam negligenciados os aspectos científicos que permitem o entendimento das questões ambientais, econômicas e sociais ligadas a indústria sucroalcooleira e a geração de energia, via cogeração, a partir do bagaço da cana-de-açúcar.

REFERÊNCIAS

BEESP – BALANÇO ENERGÉTICO DO ESTADO DE SÃO PAULO 2013. Ano base: 2012. Secretaria de Energia – São Paulo, 2013. 270

BITTENCOURT, J. M. **Perspectiva do uso do bagaço da cana-de-açúcar para geração de energia elétrica**. 2008. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas) – Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2008.

COELHO, S. T. **Mecanismos para implementação da cogeração de eletricidade a partir de biomassa: um modelo para o Estado de São Paulo**. 1999. Tese (Doutorado em Energia) – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

GOGEN – ASSOCIAÇÃO DA INDÚSTRIA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA. **Bioeletricidade: reduzindo emissões e agregando valor ao sistema elétrico nacional**. Disponível em: <<http://www.cogen.com.br/>>. Acesso em: 18 jan. 2014.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, safra 2012/2013**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 16 jan. 2014.

FAAIJ, A. *et al.* Externalities of biomass based electricity production compared with power generation from coal in the Netherlands. In: **Biomass and Bioenergy**. v. 14, n. 2, p. 125-147, 1998.

GOLDEMBERG, J. *et al.* **Bioenergia no Estado de São Paulo: situação atual, perspectivas, barreiras e propostas**. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 152 p., 2008.

GUARDABASSI, P. M. **Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia perspectivas para países em desenvolvimento**. 2006. 126p. Dissertação (Mestrado em Energia) - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 14 jan. 2014.

LEME, R. M. **Estimativa das emissões de poluentes atmosféricos e uso de água na produção de eletricidade com biomassa de cana-de-açúcar**. 2005. 144p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

MACEDO, I. C. *et al.* **Balço das emissões de gases do efeito estufa na produção e no uso do etanol no Brasil**. São Paulo, Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, 2004.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Relação de instituições cadastradas no departamento de cana-de-açúcar e agroenergia**. Brasília, 2013.

MARCONATO, M. S.; SANTINI, G. A. **Alternativas para a geração de energia renovável no Brasil: a opção pela biomassa**. Anais do XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Rio Branco, 2008.

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balço energético nacional 2013 – ano base 2012: relatório final**. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Rio de Janeiro: MME/EPE, 2013.

_____. **Plano nacional de energia 2030**. Colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília. MME: EPE, 2007.

MÖLLERSTEN, K. *et al.* Potential market niches for biomass energy with CO₂ capture and storage – Opportunities for energy supply with negative CO₂ emissions, In: **Biomass and Bioenergy**. v. 25, p. 273-285, 2003.

PELLEGRINI, M. C. **Inserção de centrais cogedoras a bagaço de cana no parque energético do estado de São Paulo: exemplos de aplicações de metodologia para análise dos aspectos locacionais e de integração energética.** 2002. 168 f. Dissertação (Mestrado em Energia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

PRADO, T. G. F. **Externalidades do ciclo produtivo da cana-de-açúcar com ênfase na produção de energia elétrica.** 2007. 254p. Dissertação (Mestrado em Energia) – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

RIPOLLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2004. ISBN 85-904440-5.

RONQUIM, C. C. **Queimadas na colheita da cana-de-açúcar: impactos ambientais, sociais e econômicos.** Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 45p. (Documentos, 77).

SCHALERMANN, J. P. W.; LAURANCE, W. F. How green are biofuels? **Science**, v. 319, p. 43-44, 2008.

SOUZA, Z. J. **Geração de energia elétrica excedente no setor sucroalcooleiro: entraves estruturais e custos de transação.** 2003. 278. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

UNICA – UNIÃO DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/>>. Acesso em: 17 jan. 2014.

WALTER, A. C. S. **Viabilidade e perspectivas da cogeração e da geração termoelétrica junto ao setor sucroalcooleiro.** 1994. Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994.