



Encontro Internacional sobre Gestão
Empresarial e Meio Ambiente

ISSN: 2359-1048
Dezembro 2016

Bioeletricidade como fonte de energia no Brasil

LUCIANA RUSSO CORREA CASTILLA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - FEA
lucianacastilla@yahoo.com

Bioeletricidade como fonte de energia no Brasil

Resumo

Durante o ano de 2015 o Brasil assumiu uma série de compromissos perante a Organização das Nações Unidas, como a agenda 2030 que inclui 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável e o Acordo de Paris. Em ambos documentos existem compromissos ligados à energia que é responsável por um terço das emissões de gases de efeito estufa no país. O Brasil definiu que a biomassa deverá ter papel preponderante na matriz energética nacional. Este artigo pretende discutir o potencial da biomassa dentro do objetivo brasileiro de alcançar, até 2030, 23% da matriz elétrica tendo por origem fontes renováveis além da energia hídrica. Foram feitas entrevistas com dirigentes de empresas do setor privado e pesquisadores na academia. O crescimento almejado da geração de bioeletricidade corre o risco de não ser alcançado nas ‘condições atuais’ principalmente devido às políticas públicas de eletricidade e a forte regulação no setor e também devido a concentração da geração de eletricidade pelo setor sucroenergético e o sub aproveitamento de outras fontes de biomassa. Sendo assim, existe o risco de o Brasil faltar com os compromissos assumidos, apesar do grande potencial da fonte.

Palavras-chaves: Setor Sucroenergético, ODS, Bioeletricidade

Abstract

In 2015, Brazil signed two major international agreements, the UN 2030 Agenda and the Paris Agreement. In both documents there are goals and commitments related to energy. The Brazilian government decided that biomass should fulfill an important role in the energy matrix. This article aims to discuss the potential of biomass to contribute towards Brazil’s commitment to reach until 2030, at least 23% of its electric matrix to be supplied from renewables (beyond hydropower generation). Interviews were conducted with leading businesses and academic researchers. The desired growth of bioelectricity generation cannot be easily achieved within ‘business as usual’ and there is risk of not achieving Brazil’s commitments due to overreliance on sugarcane, even though there is a large potential.

Key Words: Sugarcane, SDGs, Bioelectricity

1. Introdução:

Em 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) publicou a agenda 2030 com objetivo de estabelecer um plano de ação global em prol de um futuro sustentável. No mesmo ano, os países submeteram suas Pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas (PCND) para a 21^a convenção das partes (COP21) dentro da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima que culminou com o Acordo de Paris. O Brasil assinou a agenda 2030 e assinou e ratificou o Acordo de Paris. Ambos compromissos são esforços globais, organizados dentro da esfera da ONU, porém enquanto o Acordo de Paris tem seu foco na mitigação das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e na adaptação dos países para os possíveis impactos adversos da mudança clima, a agenda 2030 é composta por 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas em temas que variam desde o combate a pobreza até a conservação da biodiversidade no rios, lagos e oceanos. A relação entre as agendas, entretanto é bastante clara e importante. Entre os objetivos listados na agenda 2030, está o ODS 13 dedicado ao combate as mudanças climáticas e, do outro lado, nas medidas apresentadas nas PCNDs dos países é possível encontrar ações que também visam os objetivos da agenda 2030.

Além do ODS 13, outros objetivos também tem forte vinculação com as decisões do Acordo de Paris e a CND¹ brasileira como ODS 7 que trata da energia.

O ODS 7 tem como objetivo “assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos”. No Brasil 98,5% da população tem acesso a eletricidade, nossa matriz energética é uma das mais limpas do mundo com 39.4 % da energia consumida em 2014 proveniente de fontes renováveis e a modicidade tarifária está entre os objetivos da ANEEL. Apesar dos bons indicadores apresentados acima ainda temos vários desafios no setor no Brasil. Aproximadamente 25% da energia consumida nas residências ainda vem de lenha, a participação de renováveis vem caindo, tivemos 74 apagões em 2014 e as tarifas de eletricidade cresceram em média 50% para consumidores residenciais em 2015.

O setor energético brasileiro vem se tornando um dos maiores emissores de Gases de Efeito Estufa (GEE) do país, com um crescimento de 30% entre 2010 e 2014 segundo o Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa, e na CND brasileira existem 4 compromissos referentes ao setor energético e, dentre eles, 2 específicos para o setor elétrico. A biomassa está presente em todos os objetivos por ser renovável e fonte de eletricidade, de energia e de biocombustíveis. Este artigo pretende discutir o potencial da biomassa dentro do objetivo brasileiro de alcançar 23% da matriz elétrica vindos de fontes renováveis além da energia hídrica:

“...iii) no setor de energia, alcançar uma participação estimada de 45% de **energias renováveis** na composição da matriz energética em 2030, incluindo:

... - expandir o uso doméstico de fontes de energia não fóssil, aumentando a parcela de energias **renováveis** (além da energia hídrica) no fornecimento de energia elétrica para ao menos 23% até 2030, inclusive pelo aumento na participação de eólica, **biomassa** e solar;”

Para alcançar este objetivo foram conduzidas entrevistas semiestruturadas com vários profissionais do setor ligados à pesquisa, ao planejamento, à produção e à comercialização de eletricidade da fonte biomassa, e a partir destas entrevistas e de levantamento bibliográfico foi utilizada a metodologia de resolução de problemas que será detalhada ao decorrer do artigo. O artigo está dividido em cinco partes, sendo esta introdução a primeira delas, a segunda parte mostrará a situação atual e a situação almejada das fontes renováveis de eletricidade no país, em particular a biomassa, na terceira parte serão descritas as forças propulsoras e restritivas levantadas durante a pesquisa, na quarta parte serão discutidos estratégias empresariais e as políticas públicas para o setor da bioeletricidade e por fim serão apresentadas conclusões e recomendações.

2. Diagnóstico

A biomassa é a mais antiga fonte de energia usada pelo ser humano, com potencial de armazenamento e flexibilidade de uso, e até hoje utilizada em indústrias e em residências para a cocção.

¹ Após a ratificação do Acordo de Paris as Pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas (PCND) passaram a ser chamadas de apenas Contribuições Nacionalmente Determinadas (CND)

2.1 Situação atual: matriz elétrica brasileira atual

No Brasil, a biomassa é utilizada como fonte de energia de diversas maneiras:

- Produção de biocombustíveis, em especial o etanol combustível a partir da cana de açúcar;
- Uso direto como fonte de energia térmica, como por exemplo o carvão vegetal que é muito usado na indústria siderúrgica brasileira e em especial na produção de ferro-gusa;
- Fonte para a cogeração - quando duas ou mais fontes de energia são produzidas simultaneamente e de forma sequenciada. O processo mais comum é a produção de calor e eletricidade nas usinas de moagem de cana e de produção de polpa de celulose.

Para efeitos deste artigo, só será levado em consideração o uso da biomassa para a geração de eletricidade, em cogeração ou isoladamente.

O processo utilizado para a geração de eletricidade a partir da biomassa é sempre termoelétrico, seja através da queima direta da biomassa ou através da queima de biogás produzido através de processo de fermentação.

A capacidade instalada total de geração de eletricidade a partir de biomassa registrada na Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é de aproximadamente 143 GW e representa cerca de 15.48% do total renováveis (além da energia hídrica). O compromisso nacional é de chegar a 23% da oferta interna a partir desta capacidade instalada e em 2014 esta oferta foi de 9.3% como mostra a tabela 1.

Tabela 1: Participação das fontes na capacidade instalada e na produção de eletricidade no Brasil

	Renováveis		Não Renováveis	
	Biomassa	Outras	Hidro	Fóssil + Nuclear
Capacidade Instalada (GW)	9.4%	6.1%	64.8%	19.7%
Oferta Interna (GWh)	7.3%	2.0 ² %	65.2%	25.6%

Fontes: ANEEL, 2016 e BEN2015, EPE.

A bioeletricidade é obtida principalmente através da cogeração em unidades dos segmentos industriais sucroenergético e, em menor escala, de papel e celulose. Dependendo do nível de eficiência energética destas unidades industriais e do consumo da planta, pode haver geração excedente de bioeletricidade, que é exportada para a rede de transmissão e comercializada, via leilões, no mercado livre ou venda direta para as distribuidoras.

Atualmente existem 523 empreendimentos termelétricos a biomassa registrados na ANEEL. A biomassa de cana é o principal combustível responsável por 393 usinas, embora grande parte delas somente gera eletricidade para consumo próprio, seguido pelas termelétricas a lixívia com 17 empreendimentos. Além disso existem 10 usinas em construção e 40 autorizadas, mas com construção ainda não iniciada.

² A geração de eletricidade pela fonte eólica foi prejudicada devido à fatores como o atraso na construção de linhas de transmissão para interligar os parques eólicos e a rede de transmissão do Sistema Interligado Nacional (SIN) entre outros.

As fontes de biomassa consideradas pela ANEEL para geração de eletricidade, sua composição e participação estão explicitadas na tabela 2.

Tabela 2: Composição e participação das fontes dentro

Fonte nível 1	Biomassa		Capacidade instalada	
	Fonte nível 2	usinas	% capacidade total eletricidade	% capacidade total biomassa
Agroindustriais	Bagaço de cana de açúcar	393	7.5%	79.8%
	Biogás - agrícola	2	0.0%	0.0%
	Capim Elefante	3	0.0%	0.5%
	Casca de Arroz	12	0.0%	0.0%
Biocombustíveis Líquidos	Óleos Vegetais	2	0.0%	0.0%
	Carvão Vegetal	8	0.0%	0.4%
	Gás de Alto Forno	10	0.1%	0.9%
Floresta	Lenha	1	0.0%	0.1%
	Licor Negro	17	1.4%	14.7%
	Resíduos Florestais	51	0.3%	2.9
Resíduos animais	Biogás – Animais	10	0.0%	0.0%
Resíduos Sólidos Urbanos	Biogás - Urbano	14	0.1%	0.6%
Total Biomassa		523	9.4%	100%

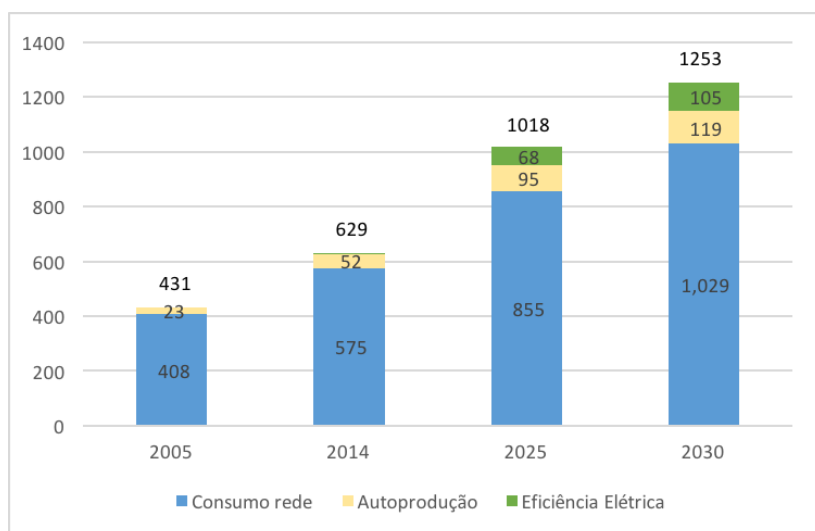
Fontes: ANEEL, 2016 e BEN2015, EPE.

2.2 Situação almejada: matriz elétrica brasileira 2030

O aumento desejado da participação das renováveis além da energia hídrica é bastante significativo, de 9.3% em 2014 para 23% em 2030, e será necessário estimular as três fontes mais avançadas hoje em dia: a biomassa, a solar e a eólica. Em uma apresentação em 2016, técnicos da Empresas de Pesquisa Energética (EPE), o órgão oficial de planejamento energético do país, indicaram qual é a expectativa de crescimento de cada fonte para o cumprimento da meta discutida neste ensaio. As figuras 1 e 2 apresentam os planos e perspectivas da EPE.

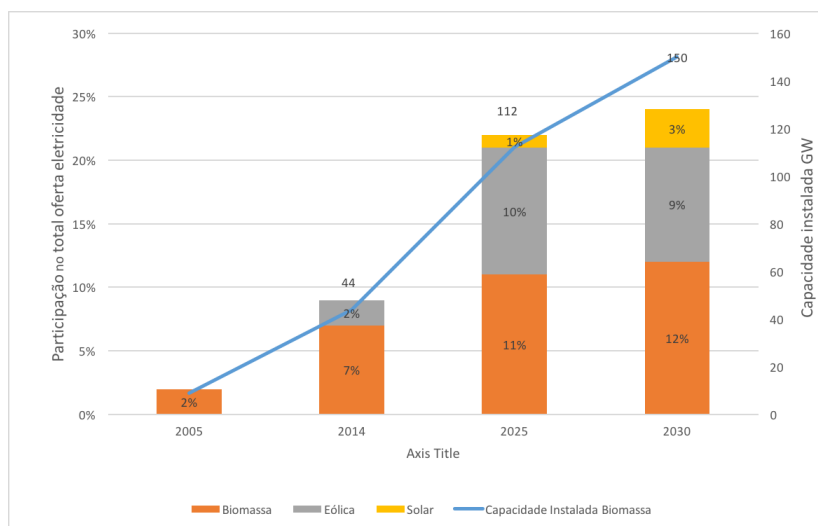
Apesar da bioeletricidade ser gerada a partir de várias fontes, a EPE contabiliza apenas o crescimento da bioeletricidade gerada a partir do bagaço e palha de cana-de-açúcar. As outras fontes são incipientes no Brasil e não aparecem no planejamento energético nacional como relevantes. Apesar desta decisão de governo, as outras fontes têm potencial claro não só como fonte de eletricidade, mas também na diminuição das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e na diminuição de resíduos implicando em menos custos de infraestrutura, menor contaminação ambiental e melhor saúde pública. Este artigo abordará as quatro principais fontes de biomassa com destaque para a cana-de-açúcar, pelo seu papel preponderante, e para os resíduos sólidos urbanos, pelo seu potencial não só elétrico, mas também pelas sinergias possíveis mencionadas acima.

Figura 1: Previsão de expansão da demanda por eletricidade total no Brasil (TWh)



Fonte: EPE

Figura 2: Participação por fontes renováveis não hídricas na oferta de eletricidade total



Fonte: EPE, elaboração da autora.

3. Forças propulsoras e restritivas para que a biomassa desempenhe um papel relevante no atingimento dos compromissos brasileiros

Devido a variedade de fontes que são agrupadas dentro da categoria biomassa, faz-se necessário uma breve descrição da principal fonte utilizada no Brasil, os resíduos de cana-de-açúcar e dos resíduos sólidos urbanos (RSU) para melhor compreensão das forças encontradas.

3.a Resíduos de cana-de-açúcar

A bioeletricidade de cana detém 7,5% da capacidade de geração outorgada no Brasil e quase 79% da capacidade da fonte biomassa.

A cogeração de eletricidade com o objetivo de excedentes para venda ao sistema usando o bagaço da cana-de-açúcar é um negócio relativamente novo para o setor sucroenergético. Em 1987, a Usina São Francisco foi a primeira a exportar energia elétrica obtida através deste processo. As usinas construídas mais recentemente, principalmente a partir de 2006, já contam com caldeiras mais modernas e turbinas de condensação que permitem a produção destes

excedentes. Segundo dados da UNICA – União da Indústria de Cana-de-Açúcar - metade das usinas associadas é exportadora de eletricidade para a rede, a outra metade depende de um processo de *retrofit* para começar a exportar.

A geração de eletricidade, porém é eficiente apenas durante o período de colheita e moagem da cana que vai de abril a dezembro. Algumas usinas exportadoras de eletricidade procuram armazenar bagaço e estender o período de exportação. A Raízen, durante a entrevista, informou que na safra 2014/2015 exportou 2.4TWh e ficou apenas 50 dias sem exportar eletricidade.

Além do bagaço de cana, a palha e a ponta também podem ser utilizadas como fonte de eletricidade. Outra forma de aproveitamento da cana é através do uso de biogás proveniente da vinhaça, que é outro subproduto da extração do caldo da cana. Boa parte da vinhaça é utilizada como ferti-irrigação, porém seu uso é regulamentado devido a seu alto poder poluente, principalmente na contaminação de água e solos.

Segundo a EPE, o potencial de geração de eletricidade da cana de açúcar em 2030 é de aproximadamente 94TW, sendo que 50% dele deverá vir da utilização da ponta e palha. Grande parte das usinas exportadoras de eletricidade se encontram no centro sul do país próximos aos centros de consumo o que diminui perdas de eletricidade na transmissão³ e custos referentes a construção e a manutenção de linhas de transmissão.

Além disso, a indústria sucroenergética é um bom exemplo de inovação no Brasil. Diversos programas bem-sucedidos na área agrícola, como o Programa de Apoio à Inovação na Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico (PAISS), uma iniciativa conjunta do BNDES e Finep, apoio da Fapesp entre outros que garantem um constante fluxo de inovação no setor.

Como subproduto de um processo industrial é impossível não analisar o potencial de geração de eletricidade sem uma visão do mercado sucro-energético. As usinas produzem dois produtos principais: o açúcar, uma commodity nos mercados mundiais sujeita às variações de preços e práticas comerciais de outros países, e álcool (anidro e hidratado) que fica sujeito às políticas energéticas do governo brasileiro e ao mercado mundial de combustíveis. Nos últimos anos, o setor vem passando por uma crise de endividamento forte devido ao baixo valor do açúcar no mercado mundial e a política governamental de manutenção de preços baixos da gasolina como controle de inflação. A dívida do setor está estimada⁴ em R\$ 95 bilhões dificultando novos investimentos no setor principalmente em subprodutos como a eletricidade.

Além da dívida do setor, outros entraves foram encontrados para o desenvolvimento do potencial desta fonte de bioeletricidade. Em termos de investimento requerido e retorno financeiro, o setor afirma que a não participação nos Leilões de Energia Nova não permite que as usinas consigam financiamento junto ao BNDES pois o contrato gerado pelo leilão serve de garantia ao empréstimo e sem ele não existem outras linhas de crédito.

Os produtores de cana também afirmam que as externalidades positivas da cogeração de eletricidade não são levadas em consideração pelo governo durante os desenhos dos leilões. Desta forma nem a proximidade com os centros de consumo nem a produtividade do recurso natural tem valor ao competir com outras fontes de eletricidade. Além disso, segundo a EPE “...cana-de-açúcar é produzida e transportada para a usina para a fabricação de açúcar e etanol. Por esta razão, estes custos não são imputados ao bagaço, que é considerado como combustível de custo nulo”.

³ Perdas técnicas são as inerentes às atividades de transporte da eletricidade na rede.

⁴ Enfim um bom ano para o setor. Revista Valor Econômico. Julho 2016

Outro fato deve-se a questão da cultura empresarial do setor que está acostumada com altos retornos e os retornos com eletricidade tendem a ser menores que o do setor e vê a exportação de eletricidade como um subproduto.

O aumento da variabilidade climática apresenta riscos para a produção de cana-de-açúcar. Os principais fatores ambientais que influenciam a produtividade de cana-de-açúcar são a temperatura do ar e a disponibilidade hídrica dos solos. A quebra da safra devido a condições climáticas afeta a disponibilidade de biomassa para a geração de eletricidade. Além disso a cana-de-açúcar segue um modelo de monocultura intensiva. Este tipo de agricultura pode provocar impactos como a perda de biodiversidade, a possibilidade de contaminação das águas e do solo devido ao uso de agroquímicos e a emissão de gases devido à mecanização da parte agrícola e ao transporte entre as áreas agrícolas e as usinas de processamento. Entretanto a proibição gradativa da colheita de cana usando queimadas já diminuiu sensivelmente os impactos ambientais desta monocultura no estado de São Paulo⁵, com 80% menos de emissão de GEE devido ao cultivo de cana em 2013 do que a 20 anos atrás, segundo estudo encomendado pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

3.b Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)

Segundo a EPE, em 2014, o potencial não explorado de geração de bioeletricidade a partir de RSU foi de 2,3TWh.

Em 2012, o Brasil gerou cerca de 63 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos. Deste total apenas 58% são corretamente destinados a aterros sanitários. A Política Nacional de Resíduos Urbanos determinou que, a partir de 2014 todo tipo de resíduo que seja passível de ser reaproveitado não poderia mais ser descartado em aterros sanitários. A fração orgânica destes resíduos possui poder calorífico que pode ser aproveitada através de processos termoquímicos ou biológicos (através do aproveitamento de biogás).

No Brasil, a responsabilidade pela gestão dos resíduos sólidos urbanos compete aos municípios que normalmente subcontratam empresas para o gerenciamento dos RSU. Devido ao seu alto custo, os municípios enfrentam enormes dificuldades quanto ao tratamento adequado desses resíduos.

Como os aterros emitem uma grande quantidade de gases de efeito estufa, alguns destes empreendimentos se beneficiaram do mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL), principalmente através da captura e queima do metano através de *flare*. Segundo o Atlas Brasileiro de Emissões de GEE e Potencial Energético na Destinação de Resíduos Sólidos, em 2014 existiam 28 projetos MDL deste tipo registrados no país. A partir da infraestrutura colocada para a captação e queima do metano no *flare* feita para os projetos de MDL, alguns aterros sanitários estão utilizando o metano para a geração de eletricidade.

A utilização de incineradores de resíduos é uma tecnologia já madura e segura, porém cara e não disponível no Brasil. Isto faz com que os projetos apresentados às prefeituras no Brasil não tenham sido aprovados e implementados. Além do mais esta tecnologia somente é economicamente viável em grandes aterros sanitários.

Apesar de todas as vantagens da utilização de resíduos sólidos urbanos a falta de integração entre ministérios como o da Energia, Cidades, Saúde, Meio Ambiente, da Economia etc. para

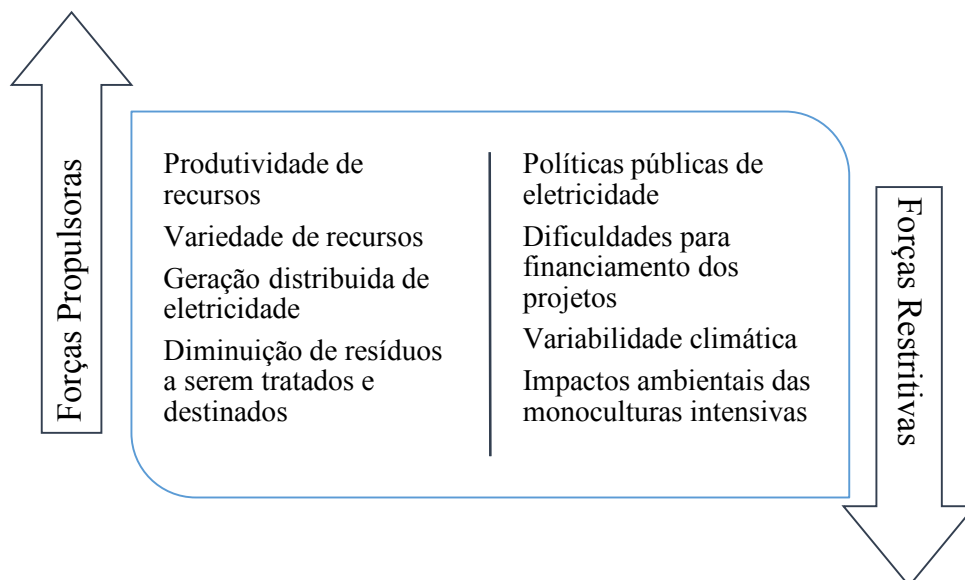
⁵ Lei 11.941/2002 do Estado de São Paulo dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar

um alinhamento de políticas públicas não permite que esta fonte seja corretamente apreciada e incentivada.

3.1. Análise do campo de forças

Após analisar o potencial da bioeletricidade e suas diversas fontes foi possível encontrar forças propulsoras e forças restritivas para a evolução desta no país (figura 3)

Figura 3: Análise do campo de forças



Elaboração da autora

3.1.1 Análise das forças restritivas que inibem alcançar a situação desejada

3.1.1.1 Políticas públicas de energia

A visão centralizadora do setor elétrico brasileiro tem forte impacto na baixa valorização da biomassa como fonte de eletricidade. Aparte as grandes usinas de cana-de-açúcar, que na sua maioria já exportam eletricidade, os projetos de aproveitamento de biomassa são de pequeno e médio porte o que dificulta sua inclusão nos sistemas de otimização computacionais que planejam e operam o Sistema Interligado Nacional (SIN).

Além disso, os leilões de energia do governo não têm cronograma publicado com datas ou mesmo com quais fontes poderão participar de quais leilões dificultando o planejamento. Uma maior previsibilidade de leilões também ajudaria ao setor em seu planejamento pois existem usinas que podem fazer o *retrofit* para exportarem energia, mas precisam planejar esta operação de forma que sua produção de açúcar e álcool não seja prejudicada.

Nos leilões de energia nova o custo da transmissão não é computado dentro do cálculo do custo da eletricidade a ser produzida. Para os empreendimentos hidroelétricos de Jirau e Santo Antônio, na Amazônia, o governo divulgou que os preços do MWh estariam em torno R\$ 75,00 porém não inclui nesta comunicação os custos de transmissão que, segundo a metodologia utilizada pelo governo, adicionariam mais R\$ 21,00/MWh⁶

Além disso, como foi citado anteriormente, ao calcular o preço máximo da eletricidade, a EPE considera os resíduos com custo zero para grande parte da biomassa, não considerando os custos de oportunidade (utilização dos resíduos como ração animal, recuperação do solo,

⁶ Kawana 2015.

biocombustíveis etc.), e estabelece um custo para recolher este resíduo do campo (como o caso da palha de cana-de-açúcar) considerado baixo pelos produtores.

No mundo inteiro, a intermitência e não despachabilidade⁷ das novas fontes renováveis de eletricidade são desafios para a transformação dos sistemas elétricos. O mesmo pode-se dizer do Brasil, que tem sua base termo-hidroelétrica bem estabelecida e programas de otimização bastante sofisticados visando a segurança elétrica nacional. Desta forma, nossos órgãos do setor elétrico ainda não valorizam as vantagens da geração distribuída, tem uma visão integral e pouco flexível do sistema, sem conseguir considerar as particularidades de cada região nacional e de cada fonte de eletricidade.

Por fim, o setor vive um momento de incerteza jurídica após as mudanças nas condições de renovação das concessões em 2012⁸ e de alto endividamento devido a estas mudanças e a hidrologia desfavorável, que fez com que os custos de geração subissem muito devido ao acionamento de térmicas bastante caras para suprir a demanda.

3.1.1.2 Dificuldades para financiamento dos projetos

A principal fonte de financiamento para projetos de eletricidade no Brasil é o BNDES. O banco possui linhas de financiamento dentro do Finem para atender o setor com taxas de juros atraentes. Porém para poder acessar estas linhas o empreendimento precisa primeiro vencer um leilão de energia, já que o contrato assinado para entrega de eletricidade futura serve como garantia para empréstimos.

Quando isso não ocorre é preciso encontrar outros mecanismos de financiamento. As mudanças de regras no setor, principalmente após o Projeto de Lei 579/2012, mencionada acima, deixaram os investidores ainda mais conservadores. Atualmente, grande parte dos investimentos no setor tem sido feito no mercado de termelétricas que devem voltar a funcionar a plena capacidade com a retomada do crescimento no país.

Por fim, existem poucas instituições que saibam montar *'project finance'* para projetos pequenos e médios e, embora a biomassa de cana já tenha um histórico de projetos, o mesmo não pode ser dito de outras fontes, o que dificulta a gestão de riscos efetiva dos projetos.

3.1.1.3 Variabilidade climática

No caso da biomassa, o maior impacto das mudanças climáticas e, principalmente das variações climáticas estão relacionados a mudança de umidade no solo. Segundo o estudo Brasil 2040, da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, existe um aumento do risco agroclimático nas áreas plantadas inclusive com a recomendação de implantação de irrigação, melhoramento genético nas lavouras de cana-de-açúcar e considerando a realocação das lavouras e seu impacto na infraestrutura instalada e no transporte entre as áreas de cultivo, industrialização e consumo.

3.1.1.4 Impactos ambientais das monoculturas intensivas

Qualquer forma de agricultura industrial acarreta em algum impacto ambiental. No caso da monocultura intensiva e com uso de agroquímicos – como é o caso da cana-de-açúcar e da silvicultura, precisa de cuidados especiais para garantir a não contaminação do solo, a não erosão e degradação dos solos, a não contaminação da água, a não perturbação do balanço hídrico das bacias, a biodiversidade tanto da flora como da fauna, entre outros problemas ambientais. Além disso, a biomassa de fonte agrícola ou florestal é considerada como carbono neutro, uma vez que o carbono liberado durante a fase de combustão foi previamente capturado

⁷ Trata-se da capacidade de gerar eletricidade de forma contínua e quando demandada.

⁸ MP 579/2012 Dispõe sobre as concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, sobre a redução dos encargos setoriais, sobre a modicidade tarifária.

durante a fase de crescimento da planta, porém não leva em consideração a utilização de máquinas agrícolas nas lavouras e nos processos logísticos.

3.1.2 Análise das forças propulsoras que favorecem alcançar a situação desejada

3.1.2.1 A produtividade de recursos

A maior parte dos empreendimentos de biomassa utiliza como fonte de energia para a combustão e geração de eletricidade algum tipo de resíduo de um outro processo. No caso da cana de açúcar, o bagaço e palha que não são utilizados para a produção de etanol e açúcar, são queimados nas caldeiras, onde além de produzir o vapor necessário para os processos industriais, gera eletricidade em um processo de cogeração. Embora o bagaço e a palha hoje em dia possam ter outros destinos, eles são essencialmente resíduos de um processo anterior e quando não utilizados para a geração de eletricidade eram queimados ou deveriam ser descartados corretamente. Com outras fontes como os resíduos sólidos urbanos, pode-se também afirmar que são parte da cadeia de aproveitamento de recursos que uma vez descartados poderão ser convertidos em eletricidade ao invés de simplesmente se acumularem e se degradarem lentamente em aterros. A maior produtividade de recursos, ou seja, o uso racional de um recurso em todo seu ciclo de vida, é importante porque estes recursos, mesmo os renováveis, não são infinitos. No caso da biomassa agrícola, a maior produtividade implica uma menor pressão no uso do solo e na necessidade de expansão sobre novas áreas entre outros.

3.1.2.2 Variedade de recursos

O Brasil tem condições privilegiadas - terras férteis, sol e água - para a agricultura, pecuária e silvicultura – principais fontes de biomassa para a geração de eletricidade. A principal fonte de biomassa para eletricidade são os resíduos da agropecuária e silvicultura. Outra fonte são os resíduos sólidos urbanos que devido à alta taxa de urbanização no Brasil e à Política Nacional de Resíduos Sólidos que obriga as prefeituras a dar destinação correta aos resíduos poderiam ser facilmente aproveitados.

3.1.2.3 Vantagens da geração distribuída de eletricidade

A geração distribuída pode ser definida como aquela que é conectada diretamente ao centro de carga através das redes de distribuição, sem necessidade de passar por linhas de transmissão.

Grande parte das usinas geradoras de biomassa são pequenas e médias unidades geradoras. Além disso, ao contrário das usinas hidroelétricas cuja localização é determinada pelo potencial hidroelétrico levantado, estas usinas estão espalhadas por todo o país. A opção brasileira por grandes usinas hidroelétricas e um sistema integrado nacional demanda a construção de linhas de transmissão de alta tensão de eletricidade.

A geração distribuída diminui a necessidade de investimento em linhas de transmissão pois a geração tende a estar perto de centros de consumo. As usinas de cana estão concentradas no Sudeste aonde também estão os maiores centros de consumo. Os resíduos sólidos urbanos são depositados em aterros cerca das cidades e mesmo os resíduos animais e agrícolas estão sempre perto de algum centro populacional que consome eletricidade. Outras vantagens da geração distribuída são:

- Maior confiabilidade uma vez que não está sujeita a falhas na transmissão;
- Maior segurança no fornecimento de eletricidade pelo aumento do mix de geração;
- Atendimento mais rápido no atendimento da demanda pois tem um tempo de implementação menor do que a construção de grandes geradores hidroelétricos e das redes de transmissão;
- Redução das perdas técnicas na transmissão de eletricidade.

As principais desvantagens da geração distribuída são:

- Maior complexidade no planejamento e na operação em tempo real do sistema elétrico pois não são necessariamente fontes despacháveis, seja por intermitência seja por escala;
- Possível diminuição na utilização das instalações, serviços e remuneração das concessionárias de distribuição de eletricidade;

3.1.2.4 Diminuição de resíduos

A grande produção agrícola brasileira tem como consequência a produção de uma grande quantidade de resíduos. Além destes resíduos agrícolas e agroindustriais, as cidades produzem uma grande quantidade de resíduos sólidos. Todos estes resíduos devem ter destinação adequada, seja devido ao seu potencial de contaminação do solo, dos cursos d'água, dos riscos à saúde pública ou devido à emissão de gases de efeito estufa (GEE). A destinação adequada gera custos e muitas vezes, principalmente nos pequenos municípios os resíduos agropecuários sobrecarregam a já frágil infraestrutura de saneamento básico destes municípios.

Neste sentido a diminuição da produção de resíduos, seja pela termogeração de eletricidade, seja pela utilização de biodigestores para a captura do GEE e utilização do biogás, tem papel fundamental na diminuição de custos e melhoria do meio ambiente em geral. Cada tonelada de resíduos sólidos urbanos (RSU) emite 1.8 ton de CO_{2eq}.

4. Estratégias empresariais e políticas públicas para incentivar o aumento da geração de bioeletricidade

A fase de pesquisa de campo deste artigo contou com entrevistas no setor privado e na academia portanto foi possível notar a importância da ligação entre pesquisa acadêmica, inovação empresarial e políticas públicas no desenvolvimento da bioeletricidade no Brasil.

4.1 Estratégias empresariais

Durante as entrevistas feitas algumas estratégias empresariais foram identificadas. No setor sucroenergético será analisada a estratégia de diversificação de riscos com foco em inovação da Raízen e no setor de RSU será analisada a necessidade de *project finance* para projetos de médio porte e mini geração.

A Raízen é uma empresa resultante da junção dos negócios (*joint-venture*) da Cosan e da Shell no Brasil. Com 24 usinas (23 em produção atualmente), a empresa produz 2 bilhões de litros de etanol e 4 milhões de toneladas de açúcar e comercializa em torno de 1.8TWh por ano e fechou o ano safra 2014/2015 com um Ebitda de R\$4,9 bilhões.

A empresa investe constantemente em inovações tecnológicas, no setor agrícola, no industrial e na busca por transformar P&D em soluções escaláveis. Suas principais linhas de pesquisa atuais são a produção de etanol de segunda geração (2G), o aumento da eficiência nos processos industriais, a biodigestão de vinhaça, o aumento da produtividade agrícola entre outras.

A Raízen tem uma planta de produção de etanol de 2^a geração que utiliza o bagaço resultante da produção convencional de uma de suas unidades. Para a produção de etanol 2G, os resíduos passam por um processo com a utilização de enzimas que incrementa a produtividade em até 40% por tonelada plantada de cana. A planta atual tem capacidade para produzir 47 milhões de litros de etanol 2G/ano e a empresa deverá construir unidades deste tipo próximas às suas unidades convencionais tão logo a tecnologia esteja solidificada.

A empresa também tem investido em desenvolver e consolidar tecnologia que permita transformar a vinhaça obtida durante a produção de etanol em biometano. A Biogás Bonfim, empresa parte do grupo, ganhou um leilão de energia, em abril de 2016, e começará a entregar

eletricidade gerada a partir de biogás de vinhaça de cana-de-açúcar em cinco anos. A capacidade instalada de geração desta planta será de 20.8 MW.

Uma outra empresa do grupo formou uma *joint venture* com o grupo japonês Sumitomo Corporation para o desenvolvimento e produção de pellets a partir da palha de cana-de-açúcar com o objetivo de exportar este produto para a geração de eletricidade em outros países. Os pellets têm sido utilizados como combustíveis no lugar de carvão em termoelétricas em vários países do mundo devido a sua característica renovável e limpa.

Como produtora intensiva de biomassa, a empresa busca diversificar a utilização e produtividade do recurso. Tanto a produção de etanol 2G e a pelletização da palha são concorrentes pelo mesmo recurso que possibilita a geração de eletricidade. A empresa deverá escolher a combinação que trará o melhor retorno a seus investidores considerando a previsibilidade. Desta forma fica claro que os resíduos de cana-de-açúcar não são combustíveis a custo zero uma vez que podem ser utilizados como insumo para vários processos.

As atuais políticas públicas de eletricidade do país são vistas como empecilho pela empresa. Para que ela continue expandindo sua geração de eletricidade – somente 13 das 23 usinas em operação exportam eletricidade – as principais barreiras mencionadas foram a falta de previsibilidade de leilões, a não valorização da proximidade das usinas com grandes centros de carga, a não valorização do custo dos insumos nem do custo do *retrofit* das usinas, entre outros.

Para ilustrar a situação da bioeletricidade a partir de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), a Solví e a Zeg Environmental foram entrevistadas.

A Solví Valorização Energética é a empresa do Grupo Solví que se dedica a gerar energia a partir de fontes alternativas. Desde a década de 1990, o grupo vem buscando viabilizar uma série de projetos de geração de eletricidade através de diferentes projetos e processos a partir do aproveitamento de RSU. Os aterros sanitários têm custos bastante altos devido à necessidade de terraplanagem, impermeabilização, gerenciamento do chorume entre outros. De outro lado tem um potencial de gerar receitas com reciclagem de materiais, compostagem para geração de biogás e eletricidade a partir da combustão dos resíduos. Vários projetos foram desenvolvidos para diversas prefeituras no país, porém devido ao alto custo nenhum foi implantado.

A partir de 2004, a empresa começou a emitir créditos de carbono no mercado de desenvolvimento limpo (MDL) ao canalizar o metano gerado no aterro sanitário de Battre, em Salvador, e queimá-lo no *flare*. Com os investimentos feitos para atuar no MDL e a alta do preço de eletricidade no país, devido principalmente à crise hídrica, finalmente os primeiros projetos de geração de eletricidade a partir da queima de biogás de aterros sanitários foram realizados. O primeiro deles foi o Termoverde de Salvador.

A eletricidade gerada a partir de RSU é considerada uma “fonte incentivada” pelo governo, portanto os consumidores com contratos de compra no mercado livre de energia tem isenção das taxas de Tarifa de Uso dos Sistemas Elétricos de Distribuição (TUSD) e Tarifa de Uso dos Sistemas Elétricos de Transmissão (TUST). Isto torna o preço desta fonte de eletricidade bastante atraente, principalmente para consumidores cujo perfil de consumo incluem um custo alto destas tarifas.

Em 2016, a Termoverde Caieiras entrará em funcionamento com potência instalada de 29.5 GW ao custo de aproximadamente R\$ 100 milhões gerando eletricidade a partir do biogás do aterro sanitário de mesmo nome e será uma das maiores do mundo neste segmento. A empresa foi responsável pela viabilização técnica e econômica do projeto e a eletricidade que será entregue à rede já foi comercializada através de leilão privado.

Os principais entraves levantados pela empresa foram o baixo preço pago pela energia principalmente devido à menor escala dos projetos, assim como a burocracia e o tempo necessário para o licenciamento destes projetos. Além disso as externalidades positivas, como a proximidade dos centros de consumo de eletricidade, a destinação adequada de resíduos entre outras, também não são levadas em consideração pelos órgãos nacionais de planejamento elétrico.

Ambas as empresas do setor reforçam as conclusões do relatório do Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) sobre as dificuldades de conseguir financiamento para projetos de médio porte de eletricidade no Brasil.

4.2 Recomendações de Políticas Públicas

Atualmente, o setor elétrico passa por um período de grande expectativa de mudanças com a troca de comando em seus principais órgãos como ONS, EPE e no próprio Ministério de Minas e Energia. As Políticas Públicas de energia, apesar de deverem ser vistas como Políticas de Estado pois envolvem decisões a longo prazo, eram parte integral das políticas de governo dos últimos governos como ficou claro com o Projeto de Lei 579/2012 que tinha como objetivo a redução das tarifas de eletricidade.

Portanto este é um momento crucial para a determinação da bioeletricidade no país. As recomendações de Políticas Públicas para que a bioeletricidade se desenvolva mais rapidamente no país incluem:

- Nova atualização das normas que regem a micro e mini geração de eletricidade no país permitindo o pagamento pela eletricidade exportada ao sistema e incentivando pequenos potenciais geradores a investir na geração de eletricidade,
- Revisão do modelo de leilões de contratos de energia para incluir externalidades de cada fonte (distância dos centros de carga, custo de gestão dos resíduos, emissões de GEE entre outras) e com um cronograma previsível e transparente,
- Investimentos de P&D na geração de eletricidade em pequena escala e na ampliação das fontes de biomassa que podem servir para gerar eletricidade, uma vez que os principais fundos estão atrelados aos *players* (geradores e distribuidores de eletricidade) atuais do setor que tem pouco interesse no desenvolvimento destes mercados devido à sua escala,
- Integração das diversas políticas públicas nacionais, principalmente das políticas agropecuárias, de resíduos sólidos e de saneamento básico. Ao integrar as políticas, as externalidades passam a ser valoradas e os projetos de bioeletricidade podem ser analisados integralmente.

A necessidade de mudanças no planejamento elétrico nacional não vem apenas dos compromissos internacionais assumidos. A capacidade instalada de geração de eletricidade deve ser ampliada pois a previsão é de aumento substancial da demanda até 2030 (vide gráfico 1). Além disso, em 2012, o “risco de desabastecimento de eletricidade” ultrapassou os 5% considerados toleráveis pelo setor e o Brasil só não enfrentou seu segundo racionamento de eletricidade devido à desaceleração da economia. A matriz brasileira de eletricidade também já está em fase de transformação. Devido a diminuição da construção de usinas hidroelétricas com grandes lagos, a capacidade de armazenamento de água para geração de eletricidade do Sistema Interligado Nacional (SIN) vem diminuindo significativamente o que torna o aumento da capacidade instalada crucial para a segurança elétrica do país. Segundo estudo da Firjan, a capacidade de armazenamento, que era de 6,27 meses em 2001, chegará a 2021 com apenas 3,35 meses.

5. Considerações Finais

O potencial da bioeletricidade no Brasil é expressivo, derivado da abundância e da diversidade de recursos e da produtividade do uso destes recursos a pesar dos riscos climáticos. Em grande parte, a biomassa utilizada para a geração de eletricidade provém de resíduos, agropecuários, florestais e urbanos, e esses recursos caso não sejam utilizados como fonte de geração necessitam ter destinação apropriada, colocando mais pressão no falho sistema de saneamento básico nacional e com impactos inclusive na saúde pública. Além disso, a biomassa é uma fonte com características de geração distribuída de eletricidade o que diminui a necessidade de investimentos e as perdas na transmissão de eletricidade, já que sua geração tende a ser próxima aos centros de consumo.

Para realmente inovar no sistema elétrico e alterar significativamente sua matriz elétrica, o Brasil necessita de um novo mandato para o Ministério de Minas e Energia (MMA), para a Empresa Pesquisa de Energia (EPE), para o operador Nacional do Sistema (ONS), para a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), e para a Agência Nacional do Petróleo (ANP). Mandato este que explicitasse a necessidade de inovações nas políticas públicas, na regulação, nas tecnologias utilizadas, nos mecanismos financeiros, nos mercados etc. e principalmente que alinhassem estas mudanças aos objetivos energéticos nacionais.

Neste contexto, para que a geração de bioeletricidade cresça de acordo com o atual planejamento energético e a CND brasileiro seja cumprido, será necessário que o governo sinalize claramente suas intenções e busque compreender as demandas do setor de forma a criar um plano de incentivos claro e a médio e longo prazo, que traga previsibilidade ao setor.

O setor bioenergético, por sua vez, deve continuar investindo em Pesquisa e Desenvolvimento, buscando tecnologias que se adaptem às diversas realidades locais brasileiras. Deve também buscar novas formas de financiamento e gestão dos riscos envolvidos nos pequenos e médios projetos e tratar a geração de eletricidade como um importante gerador de recursos e não como um subproduto de seus processos centrais.

No mundo inteiro, a partir da necessidade dos países de alterar sua matriz energética, novos modelos de negócios estão surgindo no setor elétrico e estas inovações devem começar a acontecer no Brasil também. No nosso modelo atual, as comercializadoras de energia, pelo seu amplo conhecimento do mercado e agilidade, são a parte mais criativa do setor atualmente e, caso o governo resolva transformar o setor energético em um mercado realmente competitivo elas poderão se tornar uma das grandes forças inovadoras do setor.

O potencial de aumento da geração de eletricidade a partir da biomassa existe e é grande. Porém o crescimento almejado não será facilmente alcançado com as condições atuais e existe o risco de não conseguirmos atingir nossos compromissos.

6. Entrevistas realizadas:

COMERC ENERGIA, IEE/USP, POYRY, RAÍZEN, ÚNICA, SOLVÍ VALORIZAÇÃO ENERGÉTICA, ZEG ENVIRONMENTAL

7. Referências

Alisson, Elton. “Redução das Queimadas de Cana já Produz Resultados”. Agência Fapesp. 16 Setembro 2013.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Atlas Brasileiro de Emissões de GEE e Potencial Energético. A Destinação de Resíduos Sólidos. 2013

Agencia Nacional de Energia Elétrica. Banco de Informações de Geração. Consultado em 27 de maio de 2016.

Brumer, Eduardo. Oportunidades e desafios da geração de energia elétrica através de resíduos de cana no Estado de São Paulo / Eduardo Brumer. Dissertação de mestrado apresentada ao IEE/USP. Orientador José Goldemberg – São Paulo, 2014.

CENBIO. Atlas da Bionergia do Brasil. 2012. Consultado em 05/06/2016. Disponível em <http://www.iee.usp.br/gbio/?q=livro/atlas-de-biomassa>.

Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS). Financiamento à Energia Renovável. Entraves, desafios e oportunidades. 2016

Coelho, S. T., et al. "Biomass Residues as Energy Source to Improve Energy Access and Local Economic Activity in Low HDI Regions of Brazil and Colombia (BREA)." Revised Final Report. Setembro 2015.

Coelho et al. Geração de eletricidade com biomassa no Brasil – Perspectivas e Barreiras. 3º anuário Brasileiro das Industrias de Biomassa e Energias Renováveis. 2015

Empresa de Pesquisa Energética. Palestra Setor Energético Brasileiro: oportunidades. Semana Brasil-Reino Unido de Baixo Carbono. Ricardo Gorin, março 2016

_____ BEN2015 Relatório Síntese. 2015

_____ PDE2024 Relatório Final. Dezembro, 2015

_____ Energia Termelétrica. Maio, 2016

Kawana, S. A.. “Avaliação energética do aumento da participação eólica no Sistema Interligado Nacional, com ênfase na concentração de plantas geradoras na região Nordeste e rebatimento nas condições de atendimento da demanda de pico”. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas. 2014

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Consultada em 20 de junho de 2016. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/Docs/TransformandoNossoMundo.pdf>

Presidência da República do Brasil. Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada para Consecução do Objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas Sobre Mudança do Clima.

_____ Secretaria de Assuntos Estratégicos. Brasil 2040: cenários e alternativas de adaptação à mudança do clima. Resumo Executivo. 2014

Raízen. “Relatório de Sustentabilidade 2014/2015”. Disponível em: <http://www.raizen.com.br/relatorio-de-sustentabilidade-2015>

Rocha, M. H., et al. "Life cycle assessment (LCA) for biofuels in Brazilian conditions: A meta-analysis." Renewable and Sustainable Energy Reviews 37 (2014)

SEEG Monitor Elétrico. Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG)

Solvi Valorização Energética. Perfil Corporativo”. Disponível em https://issuu.com/businessreviewbrasil/docs/solvi_brbrasil_oct15_energy_single.

Souza, Zilmar. “Situação atual do setor sucroenergético, com ênfase na geração de energia com bioeletricidade”. Palestra ministrada no CIBIO - Congresso Internacional de Biomassa Curitiba – PR. 16 de junho de 2016