

Bioetanol: novos rumos e os desafios de sua regulação

TEIXEIRA, Luis Polybio Brasil
CARNEIRO, Roberto Antônio Fortuna

Resumo

Este trabalho mostra os novos rumos que vêm tomando a produção de bioetanol, tendo-se em perspectiva o interesse mundial por este biocombustível, bem como os desafios para sua regulação. Apresenta-se o estado da arte desta indústria, mostrando os principais resultados alcançados e o que deve ser feito para regulá-los. Dividiu-se este artigo em quatro seções, sendo que a primeira destinou-se à introdução do tema, seguido pelos novos rumos que a produção de bioetanol vem tomando, como as novas plantas que produzem o biocombustível com diversas matérias-primas, o melhor uso do solo e da água, o incremento na mecanização da produção e as rotas tecnológicas estudadas, bem como o aproveitamento de subprodutos. Na sequência apresentam-se os desafios que devem ser enfrentados para a regulação do setor, finalizando com comentários conclusivos em decorrência do que fora discutido nas seções precedentes.

Palavras chaves: Bioetanol. Energia renovável. Meio Ambiente. Regulação.

Abstract

This work discusses the new directions bioethanol production is taking, keeping in view the worldwide interest in this biofuel and the challenges for its regulation. The state of the art in the industry is presented, showing the main results achieved and what should be done to regulate them. The article is divided into four sections, the first of which is intended to introduce the topic, followed by the new directions that the production of bioethanol is taking, such as the use of new plants that produce biofuel with different raw materials, better use of soil and water, increased mechanization in production and technological routes, as well as the recovery of byproducts. The challenges that must be addressed for the regulation of the sector are then discussed, followed by concluding comments.

Keywords: bioethanol, renewable energy, environment, regulation.

Resumen

Este trabajo muestra la nueva dirección que está tomando la producción de bioetanol, teniendo en cuenta el interés mundial en este biocombustible, así como los desafíos para su regulación. Se presenta el estado del arte en esta industria, que muestra los principales resultados obtenidos y qué se debe hacer para regularlos. Hemos dividido este artículo en cuatro secciones, la primera de las cuales se pretendía introducir el tema, seguido de la nueva dirección que la producción de bioetanol está tomando, como nuevas plantas productoras de biocombustibles con materias primas diferentes, el mejor uso suelo y el agua, el aumento de la mecanización de la producción y rutas tecnológicas estudiado, y la recuperación de

los subproductos. Tras presenta desafíos que deben ser abordados para la regulación del sector, para terminar con las observaciones finales, como resultado de lo que se discutió en las secciones anteriores.

Palabras-clave: Bioetanol. Energías Renovables. Medio Ambiente. Regulación

INTRODUÇÃO

O presente estudo objetiva apresentar as tendências e perspectivas da indústria do etanol, discorrendo sobre possibilidades de uso de novas matérias-primas, aliado à necessidade de preservação dos recursos naturais cada vez mais escassos, principalmente quanto ao uso da água e da terra, bem como os desafios da sua regulação. Tal trabalho partiu do estudo da literatura mais recente sobre o assunto disponível em livros e periódicos e em meio eletrônico, de forma a mostrar que este setor se renova a cada dia, enfrentando gigantescos desafios, podendo sua meta principal ser resumida no sentido de uma maior produção com o menor uso de recursos disponíveis.

De forma bastante sintética, a produção de etanol pode ser representada pela Figura 1 a seguir:

Figura 1 - Processo produtivo nas usinas.

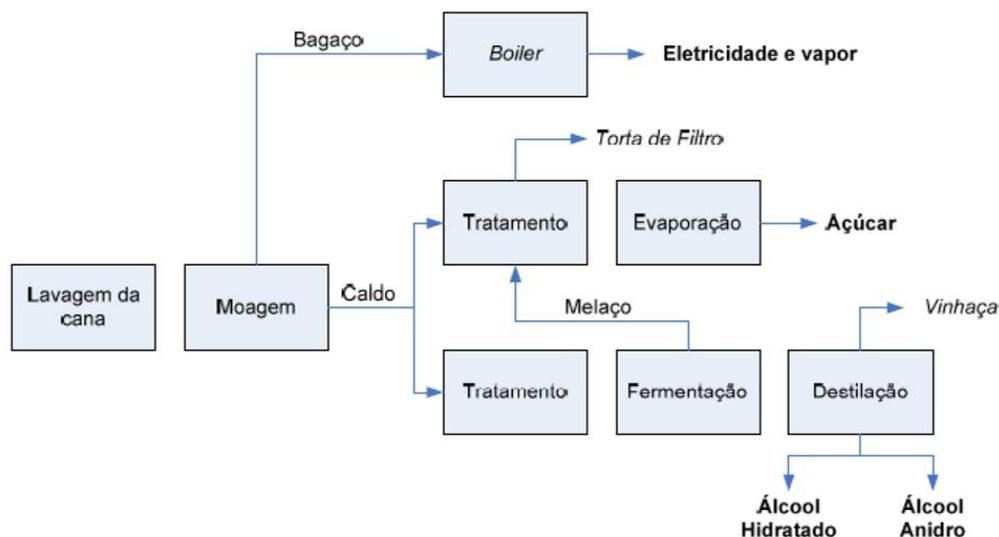


Figura 1 - Processo produtivo nas usinas.
Fonte: FIEP – Federação das Indústrias do Estado do Paraná.

O processo produtivo acima apresentado é característico da obtenção do etanol combustível de primeira geração, sendo o único atualmente utilizado em escala comercial. De forma bastante sintética, a cana, tanto a originária da própria usina quanto de terceiros, é recebida

na usina e passa por um processo de lavagem para retirada de impurezas. Após a limpeza, a cana-de-açúcar é moída para a extração do caldo, sendo que o bagaço pode e deve ser utilizado para a cogeração de energia, não somente para atender às necessidades da própria usina, mas, também, pode ter seu excedente comercializado, tornando-se, assim, uma fonte de receita adicional para as unidades produtoras.

O caldo extraído na moagem passa por um tratamento de esterilização e purificação e, em sequência, pelo processo de fermentação. O produto proveniente da fermentação passa pela etapa final da destilação, visando extrair a água para a obtenção do etanol anidro e hidratado. Todo este processo gera subprodutos como a vinhaça, que, após tratamento, pode ser utilizada para fertirrigação nos canaviais, bem como a produção de biogás, tudo com vistas à sustentabilidade do empreendimento.

Mesmo levando-se em consideração que o Brasil já possui elevados índices de produtividade na produção de etanol combustível oriundo da cana-de-açúcar, deve ser ressaltado que ainda há melhorias a serem implementadas neste aspecto. Segundo relatório do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), no que diz respeito à evolução da tecnologia industrial, foi quantificada a melhoria esperada para 2015 nos principais índices de desempenho da tecnologia atual, como mostrado no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 – Melhorias esperadas no desempenho para 2015

Desempenho Atual		Meta	Ações
Extração de açúcar (%)	96,3	97,5	Melhorias na moagem
Perdas na lavagem de cana (%)	0,47	0	Eliminação da lavagem
Perdas na torta dos filtros (%)	0,54	0,25	Melhoria operacional
Rendimento fermentativo (%)	89,7	91	Otimização da fermentação
Relação vinhaça / etanol	11,9	9,5-7,9	Aumento do grau alcoólico do vinho
T teor de álcool na vinhaça (%)	0,036	0,015	Introdução de sensores e automação
Grau alcoólico do vinho	8,4	10-12	Redução da temperatura de fermentação

Fonte: CGEE (2007).

Nesse sentido, cabe apresentar quais são os novos rumos que estão sendo tomados pela indústria do etanol.

2 NOVOS RUMOS NA INDÚSTRIA DO ETANOL NO BRASIL

Esta seção apresenta caminhos alternativos que os centros de pesquisa e desenvolvimento das empresas e as universidades vêm desenvolvendo para inovar no processo produtivo deste biocombustível, a exemplo das novas tecnologias que permitem a produção mediante o emprego

de novos insumos, o melhor aproveitamento do solo e da água, além do incremento da mecanização na produção, a eliminação das queimadas e as rotas tecnológicas utilizadas, sem deixar de mencionar o aproveitamento de subprodutos, com a geração de novas receitas ao negócio.

2.1 Plantas “flex” e novas matérias-primas

O etanol pode ser produzido a partir de uma grande variedade de matérias-primas, tanto renováveis quanto fósseis, sendo que a maior parte provém das primeiras, essencialmente fontes de carboidratos na forma de açúcares. Os insumos mais utilizados são: cana-de-açúcar, beterraba, sorgo-sacarino, tupinanbur, frutas, milho, trigo, mandioca, batata-doce e materiais lignocelulósicos, sendo que, atualmente, mais de 90% da produção mundial provém do milho e da cana-de-açúcar (LEAL et al., 2010).

No Brasil, a produção de etanol provém, basicamente, da cana-de-açúcar. Entretanto, este insumo possui um período de entressafra, no qual não há produção, que vai de dezembro a abril na região Centro-Sul do país, e de março a setembro na região Nordeste, ou seja, nesta região, fica-se quase sete meses sem produção. A alternativa para evitar que as máquinas fiquem ociosas, bem como aumentar a produção total do biocombustível e melhorar a rentabilidade do negócio é a utilização de outras matérias-primas, como o milho e o sorgo-sacarino. Já existe produção em escala comercial no Brasil de etanol oriundo do milho, sendo que o mesmo ainda não ocorreu com o sorgo-sacarino, que ainda está em fase de estudos, visando à melhoria da produtividade, tendo em vista que os resultados alcançados ainda são insuficientes para manutenção do negócio. Para que tal processamento ocorra, são necessários investimentos para adaptação do maquinário na utilização de outros insumos além da cana (DINHEIRO RURAL, 2012).

2.2 Melhor aproveitamento da água e do solo – fazer mais com menos

A produção de combustíveis verdes depende diretamente de recursos naturais, tais como energia solar, terra fértil, água, atmosfera, além de outros que são comuns à produção de combustíveis de origem fóssil, tais como capital humano e financeiro. No entanto, de todos estes, o uso da água e da terra talvez sejam os mais limitantes. Nas terras disponíveis, são descontadas as áreas necessárias à produção de alimentos e de pastagem, além do atendimento às necessidades de urbanização e infraestrutura. Por seu turno, a necessidade de terra para se substituir uma parte do consumo dos combustíveis de origem fóssil está intrinsecamente relacionada à matéria-prima utilizada e a sua produtividade. De qualquer sorte, todo debate em que se discute o uso de novas áreas para a produção de biocombustíveis provocam reações vindas principalmente de países desenvolvidos relativamente ao conflito entre a produção agrícola para alimentação humana *versus* produção de combustíveis (CORTEZ et al., 2010).

Neste aspecto, há de ser ressaltada a necessidade de investimento de recursos financeiros e humanos no sentido de aperfeiçoamento genético das espécies utilizadas na produção de etanol, de forma a aumentar o rendimento sem aumento significativo de área plantada. Paralelamente a isto, se faz premente o desenvolvimento de estudos para o aproveitamento de áreas inservíveis para produção de alimentos, mas que podem ser utilizadas para a produção de biocombustíveis.

É evidente que a água é um recurso de suma importância a todos os ecossistemas terrestres, sendo a substância mais reciclável que há na natureza, porém, o ciclo hidrológico – que inclui enchentes e secas, desencadeando sérios problemas – está sofrendo grande interferência das mudanças climáticas ocorridas no mundo, em virtude de ações pouco sábias dos seres humanos. Isso tem interferido negativamente no seu ciclo, especialmente no que tange à disponibilidade de água doce, cujo consumo diário vem subindo a cada dia, principalmente nas grandes metrópoles, devido ao aumento da população e ao seu uso indiscriminado (DANTAS e SALES, 2009).

Embora boa parte da cana-de-açúcar no Brasil seja irrigada pela chuva, fazendo com que haja um menor consumo de água, a crescente incorporação de novas áreas produtivas tem aumentado a demanda por este recurso natural, sendo que, além da fase de produção agrícola, o processamento industrial é um grande demandante de recursos hídricos. A metodologia mais adequada para se analisar e mensurar o uso de água no processo produtivo é a chamada “Análise de Ciclo de Vida”, a qual quantifica o fluxo de materiais e energia em todo o ciclo de produção até o destino final do produto. No caso específico da produção de etanol, nota-se que a irrigação é mais necessária, na fase agrícola, na região Nordeste do país, onde se pratica a irrigação de salvamento após o plantio da cana, ocorrendo ainda, quando necessário, a irrigação suplementar com vistas a reduzir o déficit hídrico (JANNUZZI, 2010).

No caso dos processos industriais, a demanda de água varia de acordo com o sistema empregado, sendo que três usos finais respondem por quase 70% do consumo: resfriamento de condensadores, produção de vácuo nas colunas barométricas e resfriamento de dornas. No entanto, novos desenvolvimentos tecnológicos têm permitido reduções no consumo de água permitindo que somente a água que entra com a cana seja a necessária numa moderna usina, obtendo, com isso, volume zero de utilização de água, tornando a unidade industrial autossuficiente em água. Mesmo com os significativos progressos já obtidos, deverão ocorrer incrementos significativos em tecnologias e processos para a conservação do solo e da água, recursos estes que serão cada vez mais demandados no futuro (JANNUZZI, 2010).

No que tange especificamente ao uso da água, há de ser observado que as águas subterrâneas oferecem um potencial ainda inexplorado, sendo que no Brasil ainda não se estudou com profundidade seu potencial. Observa-se que a questão crucial do uso da água subterrânea, especialmente para a agricultura, se concentra no alto custo de exploração, sem deixar de se destacar a exigência de tecnologia avançada para investigação hidrogeológica. Na região Nordeste, que se caracteriza por baixas precipitações, grande evaporação e reduzida disponibilidade de águas superficiais, as reservas hídricas subterrâneas se traduzem como uma alternativa para o abastecimento e produção agrícola irrigada, podendo, dentro da margem de

segurança adotada para a sua exploração, contribuir como complemento dos recursos hídricos superficiais para atendimento da demanda (PAZ *et al.*, 2000).

Diversos fatores influem na degradação do solo, a exemplo da qualidade e profundidade da capa freática, suas características físicas, das práticas impróprias de irrigação e a presença ou ausência de drenagem natural ou artificial. No entanto, com a melhoria das práticas de irrigação, construção de sistemas de drenagem no campo, lixiviação de sais em excesso e outras medidas, é possível se controlar o risco de degradação do solo e, não menos importante, reduzir os efeitos sobre as plantas, obtendo-se aumentos significativos dos níveis de produtividade e preservando as condições ambientais (PAZ *et al.*, 2000).

Dois alternativas disponíveis e testadas com resultados positivos são a irrigação por gotejamento subsuperficial e a fertirrigação, os quais contribuem para aumento de produção de colmos e de Açúcar Total Recuperável (ATR), além da redução da perda de água por evaporação direta da superfície do solo, possibilitando escoamento superficial reduzido e flexibilidade do uso de máquinas agrícolas, bem como maior disponibilidade de nutrientes, tendo em vista que o ponto de emissão de água se encontra mais próximo da raiz (DALRI e CRUZ, 2008).

Na Bahia, esta tecnologia é utilizada com muito sucesso pela AGROVALE, localizada no semiárido baiano, e lhe conferindo, segundo informações obtidas junto à empresa, recordes mundiais de produtividade.

2.3 Mecanização da produção

Em decorrência da necessidade de aumento de produtividade e, também, por questões ambientais, relativamente ao processo das queimadas, intensificou-se a utilização da mecanização no processo agrícola da cana-de-açúcar. Verifica-se, assim, que o método totalmente manual está restrito a áreas pouco significativas, de alta declividade. Considerando-se a mecanização como um equipamento ou conjunto deles, que substitui ou auxilia o trabalho manual, pode-se dizer que ela é necessária na maioria das fases do ciclo de produção da cana-de-açúcar, sendo particularmente importante nas operações de colheita e transporte da produção do campo até a unidade industrial (BRAUNBECK e MAGALHÃES, 2010).

2.4 Rotas para produção de etanol

Existem quatro rotas, ou caminhos, para a obtenção de etanol, sendo que a primeira, bastante difundida e utilizada comercialmente no Brasil, é chamada de primeira geração, e pode ser sintetizada como o processo de fermentação da sacarose, ocorrendo da seguinte forma: a partir da cana-de-açúcar, é feito um procedimento de extração, esterilização e purificação do caldo da cana que foi moída, sendo que este é fermentado posteriormente, utilizando-se, para isso, linhagens selecionadas de leveduras. O etanol produzido é, então, separado da água por destilação. Por seu turno, a segunda rota, também conhecida por etanol de segunda geração,

ocorre pela obtenção do etanol celulósico por hidrólise ácida, que tem como objetivo a “quebra” da parede celular para utilização dos polissacarídeos como fonte de açúcares fermentáveis. Há de ser salientado a complexidade da estrutura desta parede celular e que este processo deve ser bastante cuidadoso para preservar intactos os monossacarídeos que serão usados para a fermentação. Embora seja considerado um processo funcional, observa-se que o mesmo ainda não possui eficiência suficiente para torná-lo comercial (BUCKERIDGE *et al*, 2010).

Em sequência, cabe ressaltar a terceira rota, conhecida por etanol de terceira geração, que consiste na utilização da maquinaria bioquímica de micro-organismos (fungos e bactérias) para “desmontar” a parede celular. Da mesma forma que o etanol de segunda geração, esta rota ainda não se desenvolveu a ponto de torná-la comercialmente utilizável. Entretanto, as maiores expectativas para a viabilização do etanol celulósico no longo prazo estão depositadas nesta rota. O maior entrave existente nesta técnica está no fato de que, da mesma forma como os fungos desenvolveram metodologia para poder invadir a parede celular, de forma semelhante as plantas também evoluíram no sentido de suas estratégias de defesa. Por fim, a quarta e última rota atualmente estudada consiste em um conjunto de alterações na própria planta de cana-de-açúcar que deverá aumentar a eficiência dos processos de produção de etanol de segunda e terceira gerações. No entanto, para que esta quarta rota seja viabilizada, são necessários no momento presente a priorização de linhas de pesquisa com foco, por exemplo, no sequenciamento completo do genoma da cana-de-açúcar e de alguns fungos-chave (BUCKERIDGE *et al*, 2010).

Há de ser ressaltado que, no Brasil existem apenas usinas em produção de etanol de primeira geração, sendo prevista, somente para o ano de 2013, a entrada em operação da primeira usina a utilizar a tecnologia de segunda geração.

Em que pese a obtenção de progressos alcançados no campo da produção de etanol combustível a partir de material lignocelulósico, no campo da pesquisa, há de se observar que a transição para uma tecnologia industrial madura requer um esforço de pesquisa e desenvolvimento adicional, especialmente no que diz respeito à melhoria da hidrólise enzimática com enzimas eficientes, no desenvolvimento de organismos fermentativos robustos, na ampliação da integração do processo para reduzir o número de etapas e a demanda energética e na integração do processo com outros tipos de processos industriais (GALBE e ZACCHI, 2010).

2.5 Aproveitamento de subprodutos – bagaço e vinhaça

Somente com inversão de recursos financeiros na produção de fontes renováveis de energia é que se poderá garantir, com relativa segurança, o suprimento energético de forma sustentável, sem agressão ao meio ambiente. A bioeletricidade é uma energia gerada a partir da biomassa residual do processo produtivo de etanol. Desta forma, ao utilizar um resíduo produtivo para produção energética, considera-se a bioeletricidade como uma das opções de energia renovável, eficiente e sustentável. Trata-se de uma energia que é produzida a partir da cogeração, sendo este um processo que garante índices significativos de eficiência na geração de energia, e que tem condições excepcionais para representar papel estratégico na expansão do

sistema elétrico nacional, podendo ser um complemento energético à hidreletricidade, permitindo uma distribuição mais próxima aos locais de consumo, bem como agregando valorosos benefícios ambientais e socioeconômicos. A complementaridade em relação à energia proveniente de hidrelétricas ocorre justamente pela geração de energia em meses secos. A bioeletricidade da cana apresenta benefícios tais como redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE), a geração de empregos em locais distantes das grandes metrópoles e de garantia do suprimento, com a descentralização da energia elétrica (CASTRO *et al*, 2010).

A vinhaça, também conhecida por vinhoto, restilo ou garapão, é um resíduo líquido proveniente da destilação do vinho, produto da fermentação alcoólica do caldo de cana, do melaço ou da mistura de caldo e melaço, para a obtenção de etanol, sendo rica em potássio e enxofre, além de possuir quantidades significativas de fósforo, nitrogênio, cálcio, magnésio, além dos micronutrientes, levando-se em conta que, para cada litro de etanol produzido, são gerados entre 10 a 15 litros de vinhaça, sendo, antigamente, um problema sua eliminação por parte da indústria devido ao seu alto poder poluidor. Atualmente, utiliza-se a aplicação da vinhaça no canavial, prática conhecida como fertirrigação, tendo em vista que ela promove melhorias na produtividade agrícola da cana, além de benefícios químicos, biológicos e físicos ao solo, além da economia com a aquisição de fertilizantes (MUTTON *et al*, 2010).

Em que pese os benefícios acima apresentados, há de se destacar diversas opções de uso da vinhaça, como para a alimentação animal, fermentação aeróbia por micro-organismos para a produção de proteínas unicelulares, fermentação anaeróbia utilizando bactérias metanogênicas para a produção de biogás, produção de solo-vinhaça para confecção de tijolos e a produção de energia pela combustão ou incineração (MUTTON *et al*, 2010).

3 DESAFIOS A ENFRENTAR NA REGULAÇÃO

O Brasil já alcançou um elevado grau de maturidade na produção agrícola de cana-de-açúcar destinada à produção de etanol. No entanto, não significa que devem ser desprezados novos investimentos nesta área, principalmente no que diz respeito ao melhoramento genético e na busca pela excelência nas práticas agrícolas. Em que pese tal situação, registre-se que a área industrial não deve ser desprezada, devendo receber investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) nas fases de extração, tratamento do caldo, fermentação e destilação, bem como na geração de energia elétrica excedente, na utilização de outros insumos, sem perder de vista a redução do consumo de água e dos impactos ambientais. Não se pode perder de vista, também, a possibilidade concreta de se converter a cana ou sua fibra (bagaço e palha) em insumos para a indústria petroquímica, o que pode abrir um leque de oportunidades para o país (CORTEZ, 2010).

Para tanto, se faz necessário enfrentar os desafios de aperfeiçoamento de toda a cadeia produtiva e da cadeia de valor associada com a produção de biocombustíveis. Estudos indicam a disponibilidade de terras, com clima e solos favoráveis, para a expansão da cana-de-açúcar, gerando novas oportunidades de negócio. Importante para o desenvolvimento deste setor é o

aperfeiçoamento dos instrumentos de fomento atualmente disponíveis, bem como o incremento das ações em rede de pesquisa e desenvolvimento, visando, principalmente, reduzir a dependência tecnológica. Não menos importante é a formação e a capacitação de recursos humanos qualificados, principalmente por meio dos programas de pós-graduação em temas relacionados à fronteira do conhecimento. Resta claro que ainda há generoso espaço para a redução de custos e na melhoria da sustentabilidade da produção, por meio da incorporação de novas tecnologias (MELO e POPPE, 2010).

Diante do quadro acima apresentado, surgem no horizonte os desafios que devem ser enfrentados por aqueles que regulam os aspectos concernentes a esta atividade produtiva.

Em primeiro plano, como visto anteriormente, surge a necessidade de se preparar os mecanismos regulatórios para atendimento à necessidade de se adaptar os processos produtivos para a produção de etanol com diversas matérias-primas, tendo impacto, especialmente, no que diz respeito ao quesito qualidade, que deverá ser avaliada sob esta nova perspectiva, sem perder de vista que os novos insumos podem afetar o mercado agrícola destinado à alimentação humana. Nisso, o papel regulatório deverá direcionar o mercado para quais matérias-primas poderão ser utilizadas e quais as que podem atender aos requisitos da qualidade.

Em segundo lugar, e de suma importância, é a regulação concernente ao uso do solo e da água, tendo em vista serem recursos escassos que devem ser utilizados da forma a melhor atender ao interesse público. Nesse sentido, cumpre observar que o papel do regulador deverá atender, ao mesmo tempo, a preservação destes recursos, mas, de forma concomitante, permitir seu uso parcimonioso para possibilitar o desenvolvimento de novas fontes energéticas que possam atender às necessidades do país. Assim, pode-se permitir o uso destes recursos para produção de biocombustíveis desde que atendidos os requisitos preservacionistas, por meio de técnicas adequadas e modernas, permitindo a auto-suficiência do negócio, por exemplo, no que diz respeito ao uso da água, devendo ser regulamentado, como requisitos obrigatórios, para autorização de novos negócios, a implantação de projetos de reuso das águas, aproveitamento da água da própria matéria-prima, uso de sistema de irrigação eficiente, a exemplo do sistema por gotejamento subsuperficial ou outro de produtividade igual ou superior, além de sistema de captação e guarda de águas pluviais.

Nesta seara, deve-se regular a intensificação da mecanização no campo de forma a extinguir o uso da prática das queimadas, reduzindo os danos ao meio ambiente. Quanto a este quesito, embora o Estado de São Paulo tenha iniciado tal processo, faz-se necessário estabelecer um cronograma, inclusive com a disponibilização de linhas de crédito específicas para esta finalidade, para que tal operacionalização ocorra de forma gradativa em todo o país para, paralelamente, permitir a realocação das pessoas que antes trabalhavam nesta atividade, tendo em vista que, com a mecanização da lavoura canavieira, obtêm-se uma redução significativa dos postos de trabalho.

No que concerne às tecnologias em desenvolvimento visando ao melhoramento do processo produtivo, os órgãos reguladores podem propor a criação de fundos com recursos provenientes da comercialização do bioetanol, ao longo de toda a cadeia ou em uma de suas

partes, de forma a destiná-los aos investimentos em pesquisa, inovação e desenvolvimento, com vistas ao aumento da produção com utilização de menos recursos naturais.

Por último, mas não menos importante, é a regulação dos subprodutos provenientes do processo produtivo do etanol, como a vinhaça e o bagaço. Resta claro que, por interesses econômicos, os empresários deverão aproveitá-los da forma que melhor resultar em lucros. Entretanto, tal utilização poderá não ser a mais adequada aos interesses energéticos nacionais, cabendo ao regulador propor alternativas de destinação que melhor atendam aos aspectos de preservação do meio ambiente e geração de energia renovável.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, buscou-se analisar quais os rumos que estão sendo tomados na produção de etanol e, como um dos resultados, percebeu-se que existem possibilidades de aumento na produção e de geração de novas riquezas, traduzindo-se em benefícios sociais e ambientais.

As propostas aqui apresentadas pretendem aquecer o debate acerca dos desafios que devem ser enfrentados pelos reguladores para permitir que esta atividade produtiva se expanda sem, no entanto, degradar o meio ambiente. As proposições contidas neste artigo estabelecem apenas o início de um processo de análise que deverá prosseguir de forma permanente, com o objetivo de estimular o debate, além de receber contribuições para a construção coletiva de propostas regulatórias consistentes para o desenvolvimento energético sustentável.

Por todo o exposto, nota-se que o desenvolvimento tecnológico, com a introdução de novas matérias-primas no processo produtivo, torna-se imperativo para a sustentabilidade do negócio, sem o qual não se pode alcançar o almejado aumento de produção com menor uso de recursos disponíveis, de forma a atender à crescente demanda energética sem destruir o meio ambiente.

Resta claro pelo discorrido que não se pode prescindir de vultosos investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação, sem os quais torna-se impossível a missão de geração de energia limpa de forma sustentável. Trata-se de um desafio de proporções gigantescas, mas que, se enfrentado com coragem e racionalidade, hão de ser esperados resultados bastante promissores, principalmente pela redução significativa de dependência da matriz energética das fontes oriundas de energia fóssil, sem deixar de se destacar as inúmeras possibilidades de comércio exterior.

5 REFERÊNCIAS

BLEY Júnior, C. *et al.* **Agroenergia da biomassa residual: perspectivas energéticas, socioeconômicas e ambientais.** 2. edição. Foz do Iguaçu: Technopolitik, 2009. 138 p.

BRAUNBECK, O. A.; MAGALHÃES, P. S. G. Avaliação tecnológica da mecanização da cana-de-açúcar. In: CORTEZ, L. A. B. (Coord.). **Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade.** São Paulo: Blucher, 2010. p. 451-464.

BUCKERIDGE, M. S. et al. As rotas para o etanol celulósico no Brasil. In: CORTEZ, L. A. B. (Coord.). **Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade.** São Paulo: Blucher, 2010. p. 365-380.

CASTRO, N. J. de *et al.* A bioeletricidade sucroenergética na matriz elétrica. In: **Etanol e bioeletricidade: a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética.** SOUZA, E. L. L. de; MACEDO, I. de C. São Paulo, Luc Projetos de Comunicação, p. 365-380, 2010. p. 365-380.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). **Estudo sobre as possibilidades e impactos da produção de grandes quantidades de etanol visando à substituição parcial de gasolina no mundo – Fase 2. Relatório Final.** Brasília: CGEE, 2009.

CORTEZ, L. A. B. *et al.* Necessidade de terras para a produção de etanol no Brasil. In: CORTEZ, L. A. B. (Coord.). **Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade.** São Paulo: Blucher, 2010. p. 301-316.

CORTEZ, L. A. B.. Introdução. In: CORTEZ, Luís Augusto Barbosa (Coord.). **Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade.** São Paulo: Blucher, 2010. p. 3-16.

DALRI, A. B.; CRUZ, R. L. Produtividade da cana-de-açúcar fertirrigada com N e K via gotejamento subsuperficial. **Eng. Agríc.,** Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 516-524, jul/set 2008.

DANTAS, D. L.; SALES, A. W. C. Aspectos ambientais, sociais e jurídicos do reuso da água. **Revista de Gestão Social e Ambiental,** v. 3, n. 3, p. 4-19, set/dez 2009.

DINHEIRO RURAL. São Paulo: Editora Três, edição 91, ano 8, maio 2012.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO PARANÁ (FIEP). Cadeia Produtiva do Setor Sucroalcooleiro. Disponível em:<
[http://www.fiepr.org.br/fomentoedesevolvimento/cadeiasprodutivas/uploadAddress/sucroalcooleiro\[19592\].pdf](http://www.fiepr.org.br/fomentoedesevolvimento/cadeiasprodutivas/uploadAddress/sucroalcooleiro[19592].pdf)>. Acesso em: 11 set. 2012.

GALBE, M.; ZACCHI, G. Produção de etanol a partir de materiais lignocelulósicos. In: CORTEZ, L. A. B. (Coord.). **Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade.** São Paulo: Blucher, 2010. , p. 697-716.

JANNUZZI, G. de M. Uso de água na produção de etanol de cana-de-açúcar. In: CORTEZ, L. A. B. (Coord.). **Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade.** São Paulo: Blucher, 2010. p. 271-277.

LEAL, M. R. L. V. *et al.* Outras matérias-primas para a produção de etanol. In: CORTEZ, L. A. B. (Coord.). **Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade.** São Paulo: Blucher, 2010. p. 519-539.

MELO, L. C. P. de; POPPE, M. K. Desafios da pesquisa, desenvolvimento e inovação em biocombustíveis no Brasil. In: CORTEZ, L. A. B. (Coord.). **Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade.** São Paulo: Blucher, 2010. p 27-33.

MUTTON, M. A. *et al.* Utilização agrícola da vinhaça. In: CORTEZ, L. A. B. (Coord.). **Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade.** São Paulo: Blucher, 2010. p. 423-440.

PAZ, V. P. da S. *et al.* Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** UFPB, Paraíba, v. 4, n. 3, p. 465-473, 2000.

- 1 Luis Polybio Brasil TEIXEIRA é Graduado em Administração de Empresas pela Universidade Católica do Salvador (1994), possuindo especialização em Administração pela Universidade Gama Filho (1995). Mestre Profissional em Tecnologias aplicáveis à Bioenergia pela Faculdade de Tecnologia e Ciências (2013). Atualmente é especialista em regulação de Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). E-mail: " luispolybiosalvadorba@hotmail.com
- 2 Roberto Antônio Fortuna CARNEIRO possui graduação em Geografia pela Universidade Católica do Salvador (1986) e mestrado em Administração pela Universidade Federal da Bahia (1993). Atualmente é Diretor de Planejamento Econômico da Secretaria de Planejamento e professor do quadro permanente do Mestrado Profissional em Tecnologias Aplicáveis à Bioenergia e da Pós-graduação em Gestão Ambiental da Faculdade de Tecnologia e Ciências (FTC) e da Pós-graduação da Faculdade Área 1. Tem experiência nas áreas de Elaboração e Gestão de Política Públicas, Planejamento Estratégico Governamental, Gestão Ambiental, Bioenergia e Biocombustíveis, e gestão de projetos. Atua ainda como consultor na área de gestão estratégica governamental, bioenergia e biocombustíveis com foco na elaboração de EVTE, Plano de Negócios e Projetos. rfortuna@bol.com.br