

RenovaBio: Biocombustíveis 2030

Nota Técnica: Novos Biocombustíveis

Rio de Janeiro
24 de fevereiro de 2017



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso - “*double sided*”)



RenovaBio: Biocombustíveis 2030

GOVERNO FEDERAL

Ministério de Minas e Energia

Ministro

Fernando Coelho Filho

Secretário Executivo

Paulo Pedrosa

Secretário de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

Márcio Félix Carvalho Bezerra

Diretor de Biocombustíveis

Miguel Ivan Lacerda de Oliveira

Nota Técnica 3: Novos Biocombustíveis



Empresa de Pesquisa Energética

Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei n.º 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Presidente

Luiz Augusto Nóbrega Barroso

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Ricardo Gorini de Oliveira

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Amílcar Gonçalves Guerreiro

Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustíveis

José Mauro Ferreira Coelho

Diretor de Gestão Corporativa

Álvaro Henrique Matias Pereira

URL: <http://www.epe.gov.br>

Sede

SAN - Quadra 1 - Bloco B - Sala 100-A

70041-903 - Brasília - DF

Coordenação Executiva

Giovani Vitória Machado

Coordenação Técnica

Angela Oliveira da Costa

Consultor Técnico

Rafael Barros Araujo

Equipe Técnica

Angela Oliveira da Costa

Euler João Geraldo da Silva

Juliana Rangel do Nascimento

Leônidas Bially Olegario dos Santos

Marina Damiano Besteti Ribeiro

Rachel Martins Henriques

Rafael Barros Araujo

EPE-DPG-SGB-Bios-NT-03-2017-r0

Data: 24 de Fevereiro de 2017

Escritório Central

Av. Rio Branco, n.º 01 - 11º Andar

20090-003 - Rio de Janeiro - RJ

**Rio de Janeiro
Fevereiro de 2017**

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso - “*double sided*”)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	EXPERIÊNCIAS E INSTRUMENTOS DE INSERÇÃO DE NOVOS BIOCOMBUSTÍVEIS NA MATRIZ ENERGÉTICA	8
3	DESAFIOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS	10
4	CONSIDERAÇÕES E PRÓXIMOS PASSOS	12
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13

Histórico de Revisões

Rev.	Data	Descrição
0	24/02/2017	Publicação Original

1 INTRODUÇÃO

A iniciativa denominada RenovaBio, lançada pelo Ministério de Minas e Energia, objetiva avaliar e propor o aprimoramento das políticas e de aspectos regulatórios dos biocombustíveis, a fim de contribuir para a superação dos desafios técnicos e econômicos a serem enfrentados pelo setor e para o melhor aproveitamento das oportunidades que se colocam ao país, tendo por base um amplo debate com todos os agentes que compõem o mercado de biocombustíveis.

Biocombustíveis são todas as fontes de energia de origem biológica e não fóssil, nos estados sólido, líquido e gasoso. Os de segunda geração normalmente são aqueles oriundos de matérias-primas não utilizadas na alimentação - por exemplo: resíduos urbanos e de cultivos agrosilvopastoris (UNCTAD, 2008). Destacam-se:

- Etanol de segunda geração (etanol 2G ou lignocelulósico): É obtido normalmente a partir de material celulósico, oriundo do processamento de qualquer biomassa de origem vegetal, como resíduos de milho, casca de arroz, etc. No Brasil, a pesquisa para obtenção do etanol 2G se concentra predominantemente nos resíduos da produção sucroalcooleira (bagaço, palha e ponta).
- Diesel avançado: Refere-se a todo biocombustível que possa ser usado em motores do ciclo diesel¹. Possuem composição química análoga à do óleo diesel de origem fóssil e são obtidos através de reações de hidrogenação de óleos vegetais, dando origem ao Óleo Vegetal Hidrotreatado (HVO); através da fermentação por microorganismos geneticamente modificados (por exemplo, o diesel de cana); ou pelo processo de transformação de biomassa para líquidos (BTL), principalmente via Fischer-Tropsch.
- Bioquerosene de aviação (BioQAV): substância derivada de biomassa renovável que pode ser usada em turborreatores e turbopropulsores aeronáuticos ou, conforme regulamento, em outro tipo de aplicação que possa substituir parcial ou totalmente combustível de origem fóssil (BRASIL, 2011). É similar ao querosene de aviação, que pode ser obtido por hidrogenação, Fischer-Tropsch, ou fermentação.
- Biogás: biocombustível gasoso produzido a partir da decomposição da matéria orgânica (usualmente, resíduos) por ação de bactérias, através de um processo denominado biodigestão anaeróbica. O biometano é obtido após a purificação do biogás, reunindo as propriedades físico-químicas necessárias para ser intercambiável com o gás natural em todas as suas aplicações. Com isso, pode ser comercializado por meio da rede de distribuição de gás canalizado ou como gás comprimido (ANP, 2015).

Do ponto de vista ambiental, os novos biocombustíveis, bem como os tradicionais, contribuem para a diminuição das emissões dos gases de efeito estufa (GEE). Sua produção leva a um maior aproveitamento da biomassa, uma vez que os rejeitos de processo são transformados em recursos energéticos. Além disso, eles complementam a matriz dos países, diminuindo a

¹ Os Estados Unidos, o maior produtor e consumidor individual de biodiesel, considera este biocombustível obtido da transesterificação do óleo vegetal como avançado. O mesmo não se aplica ao Brasil e à União Europeia.

dependência dos combustíveis fósseis, aumentando a segurança energética e contribuindo para a construção e consolidação de um mercado internacional de biocombustíveis.

O incentivo à pesquisa e inovação relacionada aos biocombustíveis de segunda geração é fundamental para o seu desenvolvimento amplo e sustentável. Neste contexto, deve haver interação entre academia, institutos de pesquisa e empresas do setor.

A infraestrutura hoje utilizada para os combustíveis fósseis, bem como para os biocombustíveis tradicionais, desde a produção até as tecnologias de uso final, pode ser aproveitada para os avançados, em alguns casos, sem qualquer modificação e em outros, com pequenas alterações, sem custos elevados.

Com o aumento da mobilização da comunidade internacional para o enfrentamento das mudanças climáticas nos últimos anos, torna-se crucial a análise do mercado dos biocombustíveis e da sua inserção nas matrizes energéticas, principalmente para o Brasil.

A presente nota integra a iniciativa do RENOVBIO, trazendo para este debate alguns elementos básicos de análise em relação aos novos biocombustíveis, apresentando algumas experiências nacionais e internacionais, além dos desafios técnicos e econômicos, desde seu desenvolvimento até sua aplicação final.

2 EXPERIÊNCIAS E INSTRUMENTOS DE INSERÇÃO DE NOVOS BIOCOMBUSTÍVEIS NA MATRIZ ENERGÉTICA

Diversos países têm estabelecido arcabouços legais, políticos e regulatórios que promovem a inserção de novos biocombustíveis na matriz energética. Nesse processo, além das plantas existentes no Brasil, destacam-se as experiências dos EUA e da UE.

A Tabela 1 sumariza experiências e princípios de inserção de novos biocombustíveis na matriz energética.

Tabela 1. Comparação entre experiências e instrumentos de inserção de novos biocombustíveis na matriz energética

País/bloco	Brasil	Estados Unidos	União Europeia	Outros
Legislação Aplicável	<ul style="list-style-type: none"> Não há até o momento legislação específica dedicada aos novos biocombustíveis. 	<ul style="list-style-type: none"> Padrão de Combustíveis Renováveis (RFS2); Números de Identificação de Renováveis (RINs). 	<ul style="list-style-type: none"> Diretiva das Energias Renováveis (RED); Diretiva da Qualidade dos Combustíveis (FQD); Sistema de Mercado de Emissões (EU ETS). 	
Iniciativas existentes	<ul style="list-style-type: none"> Memorando de Entendimento com os EUA sobre BioQAV; Plano Conjunto BNDES-FINEP- PAISS; Programa de Pesquisa em Bioenergia (Bioen); Plataforma Brasileira de Bioquerosene; 	<ul style="list-style-type: none"> Escritório das Tecnologias de Bioenergia (BETO); Memorando de Entendimento com o Brasil sobre BioQAV. 	<ul style="list-style-type: none"> Plataforma Europeia de Tecnologia de Biocombustíveis. 	
Principais experiências	<ul style="list-style-type: none"> Duas usinas de escala comercial de E2G GranBio e Raizen (82 e 42 milhões de l/ano, respect.) e planta-piloto da CTC (3 milhões de l/ano); Projeto da Amyris de diesel de cana (Usina de Brotas - 45 milhões de l/ano); Usinas termelétricas a biogás: Caieras, com 29,4 MW de pot. instalada, e São João, com 24,7 MW (aterros sanitários); PROSENE (1984): vôo-teste de São José dos Campos a Brasília, utilizando bioquerosene; 	<ul style="list-style-type: none"> Duas usinas de E2G: DuPont (114 milhões l/ano) e Poet (94 milhões de l/ano); 1.540 biodigestores de grande porte (biogás - 12,3 bilhões de m³ em 2016). 	<ul style="list-style-type: none"> Planta de E2G na Itália (Beta Renewable - 75 milhões de l/ano); Plantas de HVO e NexTBL (França, Finlândia, Itália); 	<ul style="list-style-type: none"> Planta de NexBTL* em Singapura (1,3 bilhões de l/ano). Biogás: Alemanha - 13,3 bi m³/ano; China - 15,2 bi m³/ano; Reino Unido - 3,5 bi m³/ano; Itália - 3,5 bi m³/ano.

* Diesel renovável a partir de óleo vegetal e resíduos de gorduras animais.

Fonte: Elaboração EPE com base em BETA RENEWABLES (2017), BIOREFINERIES BLOG (2017), BNDES (2011), CANAL BIOENERGIA (2017), DUPONT (2017), GRANBIO (2017) e POET (2017)

3 DESAFIOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS

Dentre os novos biocombustíveis anteriormente elencados, o Brasil produz em pequena escala etanol lignocelulósico. Os demais ainda são obtidos de forma incipiente. Assevera-se que para a garantia de sucesso da entrada de um novo produto no mercado, é fundamental seguir um conjunto de etapas, que compreende pesquisa e desenvolvimento, criação do protótipo, implantação em escala piloto, seguida de escala comercial e entrada no mercado. A consolidação de todas as etapas mostra-se fundamental para que o novo produto seja acessível, apresentando ampla disponibilidade, por preços competitivos. Ressalta-se que o investimento financeiro em cada uma dessas fases difere de ordens e origens.

Como os riscos tecnológicos relacionados ao P&D são maiores que nas demais etapas de desenvolvimento do produto, é usual que o governo tenha uma maior participação, através da disponibilização de recursos. Para o caso dos novos biocombustíveis, vislumbra-se que há possibilidade do Brasil fortalecer ainda mais a sua vocação histórica na liderança de fontes renováveis, principalmente na atual conjuntura de busca de soluções globais para as mudanças climáticas.

O Governo lançou, em 2011, o Plano Conjunto BNDES-Finep de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico - PAISS. Tal plano visa fomentar, mediante oferta de financiamento a baixo custo e de recursos não reembolsáveis, novas e coordenadas iniciativas empresariais de P&D em temas específicos relacionados à conversão da biomassa da cana-de-açúcar em etanol de segunda geração e outros produtos (BNDES, 2011). A prioridade do PAISS é o fomento de atividades de inovação com foco comercial, desenvolvido por empresas. Graças a este programa, o Brasil hoje dispõe de três plantas de etanol lignocelulósico, sendo duas em escala comercial e outra demonstrativa, tal como apresentado na Tabela 1. O Programa de Pesquisa em Bioenergia (Bioen) da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), cujo foco é em pesquisas acadêmicas, também prestou apoio técnico e financeiro à atividade de P&D (MILANEZ *et al.*, 2015).

Contudo, a produção do etanol lignocelulósico ainda apresenta gargalos não solucionados na etapa de pré-tratamento, cuja solução é essencial para se atingir o máximo rendimento numa escala industrial e, assim, permitir o avanço das demais fases do processo, com melhores resultados. Cabe ressaltar, ainda, a dificuldade na fermentação das pentoses, que permitiria um maior aproveitamento da matéria celulósica, e o alto custo das enzimas, o qual pesa bastante no custo final do processo. Entretanto, o etanol lignocelulósico é o biocombustível de segunda geração em estágio de evolução mais avançado no país, com uma produção estimada de cerca de 10 milhões de litros em 2016, muito aquém da capacidade existente das plantas nacionais, 127 milhões de litros (CANAL BIOENERGIA, 2017, GRANBIO, 2017).

Em relação ao HVO, não há barreiras técnicas à sua produção, no entanto, também não existe regulação específica para seu uso. A conversão do óleo vegetal em produto hidrogenado exige uma etapa de hidrotreamento que onera o processo, gerando uma falta de competitividade com seus similares de origem fóssil (diesel mineral) ou vegetal (biodiesel). Além disso, o óleo utilizado como matéria-prima apresenta alto valor no mercado, que somado ao custo operacional da etapa de hidrotreamento, faz como que o HVO tenha ainda mais dificuldade de penetração no mercado brasileiro. Dada a sua natureza e a classificação internacional do

HVO como biocombustível avançado, é importante que haja um incentivo ao seu desenvolvimento.

O biogás e o biometano apresentam um elevado potencial energético (como combustível e na geração de eletricidade), servindo para a redução tanto dos GEE, quanto da poluição hídrica. Os resíduos utilizados na produção de ambos são oriundos de diversas fontes, sendo os principais setores: agrícola, de alimentos e de saneamento. Dado que em geral, sua produção é descentralizada, torna-se imprescindível uma maior integração entre os agentes públicos e privados, a fim de criar um arcabouço logístico e legal, que possibilite aprimorar as redes de distribuição e, conseqüentemente, a sua comercialização.

No entanto, é necessário que haja uma legislação específica para este combustível renovável, com a definição de parâmetros para o seu uso, de forma a permitir a sua disponibilidade ao consumidor. A regulação atualmente existente é exclusiva para o biometano, quando proveniente de resíduos orgânicos. Para aquele oriundo de esgoto sanitário e gás de aterro, somente é permitido seu uso para fins experimentais (ANP, 2015, 2016).

Além disso, é importante encontrar soluções técnicas que viabilizem economicamente a produção e o uso do biogás, mesmo que em pequena escala. Ademais, os processos de separação e extração do biometano também exigem um gasto adicional. Desta forma, observa-se que os aspectos econômicos ainda interferem na viabilidade da entrada deste biocombustível na matriz energética nacional, o que diminui sua competitividade frente ao análogo fóssil.

Na busca pela redução das emissões de GEE, a indústria de aviação mundial tem realizado esforços para encontrar no mercado um combustível renovável, o BioQAV, produzido de maneira sustentável e com propriedades similares ao querosene de aviação - QAV (em particular, ponto de congelamento e estabilidade térmica). O BioQAV se enquadra como biocombustível *drop-in*, que não exige adaptação especial dos motores de avião (podendo ser utilizados em diversas misturas com o similar fóssil) e cuja rota pode ser a termoquímica ou a bioquímica. Logo, investimentos em P&D são necessários para o desenvolvimento de rotas tecnológicas, que busquem aliar aspectos importantes relacionados à agricultura. Além disso, é necessária atenção especial à logística, comercialização e adoção de políticas direcionadas a tornar este biocombustível adequado à indústria da aviação, fazendo com que o mesmo atenda aos requisitos técnicos, ambientais e de sustentabilidade. Registra-se que a mesma molécula desenvolvida para o diesel de biomassa (farneseno) pode ser utilizada como mescla no combustível de aviação. Este bioquerosene já está certificado pela *American Standard Testing Materials* (ASTM) e pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) para misturas de até 10% com o similar de origem fóssil (ANP, 2014; ASTM, 2016).

Outro ponto importante que pode viabilizar a entrada de um novo biocombustível no mercado é a escolha da matéria-prima a ser usada em sua produção. Em geral, são resíduos de outros processos, inicialmente considerados de baixo custo ou sem valor no mercado. Logo, a sua utilização para a produção de um biocombustível de segunda geração lhes confere um novo status. A conversão dos resíduos sólidos e líquidos em biogás, por exemplo, acrescenta um valor, anteriormente inexistente a estes insumos, além de solucionar o problema ambiental relativo ao descarte destes resíduos. Para o etanol de segunda geração, o mercado deverá enfrentar um *trade-off* no sentido de que o bagaço, palha e ponta, que são suas principais

matérias-primas, também são empregados na geração de bioeletricidade. Assim, a opção por bioenergia ou etanol 2G, dependerá dos compromissos futuros firmados (leilões) e do valor do novo biocombustível no mercado interno e externo.

Apesar da existência de algumas políticas públicas formalizadas em instrumentos de apoio e fomento para a pesquisa em novos biocombustíveis, há ainda muito a ser enfrentado e desenvolvido. Assim, considera-se que a proposição de políticas públicas adicionais, com recursos destinados à P&D, seja essencial para que estes produtos se viabilizem comercialmente. Adicionalmente, ajustes e/ou criação de regulamentos para os novos biocombustíveis facilitam sua introdução e disseminação.

4 CONSIDERAÇÕES E PRÓXIMOS PASSOS

A fim de ratificar e aprofundar a elaboração do arcabouço legal, político e regulatório com vistas à entrada de novos biocombustíveis na matriz energética nacional, destacam-se alguns aspectos importantes.

O país dispõe de biomassa em abundância, tais como resíduos da cana e da soja, resíduos urbanos e agrícolas que, uma vez utilizados na produção de um biocombustível avançado, agregam valor à cadeia produtiva, além de solucionarem problemas ambientais relativos a seu descarte, na maioria dos casos. Somado a isso, os novos biocombustíveis contribuem para a diversificação dos produtos da matriz energética brasileira e aumentam a competitividade do setor. Portanto, configuram-se como uma oportunidade de impulsionar a eficiência produtiva e destacar a vocação brasileira na liderança de uso energético de fontes renováveis, especialmente neste momento em que o mundo busca soluções para as mudanças climáticas.

Na indústria sucroalcooleira, tanto o bagaço, quanto a palha e ponta, que estão disponíveis no campo e requerem logística específica de recolhimento, podem ser utilizados na produção de etanol 2G, bem como na geração de energia elétrica.

O HVO é uma tecnologia dominada e já desenvolvida pela Petrobras sob a denominação de H-Bio. No entanto, não existe regulação específica para seu uso e o óleo utilizado como matéria-prima apresenta alto valor, fatores que dificultam sua inserção na matriz brasileira, apesar da crescente difusão no mercado internacional.

Da mesma forma, o biogás carece de legislação específica para a utilização do elevado potencial nacional de produção, que é 36,5 bilhões de m³/ano (EPE, 2014a, 2014b). Adicionalmente, visto que sua produção é descentralizada, torna-se necessário criar uma estrutura logística, que possibilite desenvolver as redes de coleta e distribuição. O equacionamento dessas questões é fundamental para o ótimo aproveitamento energético e do destino dos resíduos.

O BioQAV necessariamente terá que ser *drop-in* devido ao nível de exigência para sua certificação. Neste caso, devem ser realizados investimentos em P&D para o desenvolvimento de rota tecnológica, que busque aliar aspectos importantes relacionados a agricultura. Além disso, é necessária atenção especial à logística e comercialização.

Como já mencionado, para os combustíveis *drop-in* (por exemplo: o diesel de cana), a adaptação não será necessária e estes biocombustíveis avançados poderão ser usados

diretamente nos motores atuais, em quaisquer mistura com os combustíveis fósseis. Em relação aos outros, a adaptação é semelhante à utilizada para os biocombustíveis tradicionais.

Cabe registrar que, além do uso energético associado aos novos biocombustíveis, observa-se a possibilidade de uso não energético para os mesmos, ou seja sua aplicação na indústria química, farmacêutica, de cosméticos, alimentos e bebidas, originando produtos com alto valor agregado.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução nº 8, de 30 de janeiro de 2015. Estabelece a especificação do biometano. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 02 fevereiro. 2015. Disponível em: < <http://www.anp.gov.br> >. Acesso em: 06 fev. 2017.

_____. Resolução nº 63, de 05 de dezembro de 2014. Estabelece as especificações dos querosenes de aviação alternativos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 08 dezembro. 2014. Disponível em: < <http://www.anp.gov.br> >. Acesso em: 10 fev. 2017.

_____. Resolução nº 21, de 11 de maio de 2016. Dispõe sobre a utilização de combustíveis experimentais em todo território nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 12 maio. 2016. Disponível em: < <http://www.anp.gov.br> >. Acesso em: 06 fev. 2017.

ASTM - American Standard Testing Materials. Standard Specification for Aviation Turbine Fuel Containing Synthesized Hydrocarbons. ASTM D7566 - 16b, 2016.

BETA RENEWABLES. **Crescentino's Biorefinery Grand Opening**, 2017. Disponível em: < <http://www.betarenewables.com/pt/media-relations/press-release-detail/1> >. Acesso em: 08 fev. 2017.

BIOREFINERIES BLOG. **Hydrotreated Vegetable Oils (HVO) Biorefineries - The rise of renewable diesel**, 2017. Disponível em: < <https://biorrefineria.blogspot.com.br/2015/09/hydrotreated-vegetable-oils-hvo.biorefineries.html> >. Acesso em: 09 fev. 2017.

BNDES - Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social. **Plano Conjunto BNDES-Finep de apoio à inovação tecnológica industrial dos setores sucroenergéticos e sucroquímico - PAISS**. BNDES: Inovação, 2011. Disponível em: < <http://www.bndes.gov.br> >. Acesso em: 07 fev. 2017.

BRASIL. Lei nº 12.490, de 16 de setembro de 2011. Dispõe sobre a política e a fiscalização das atividades relativas ao abastecimento nacional de combustíveis. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 setembro. 2011. Disponível em: < www.planalto.gov.br >. Acesso em: 06 fev. 2017.

CANAL BIOENERGIA. **Etanol 2G: primeiras plantas comerciais em plena produção**, 2017. Disponível em: < <http://www.canalbioenergia.com.br/etanol-2g-primeiras-plantas-comerciais-em-plena-producao> >. Acesso em: 08 mar.2016.

DUPONT. DuPont Cellulosic Ethanol, 2017. Disponível em: < <http://www.dupont.com/products-and-services/industrial-biotechnology/advanced-biofuels/cellulosic-ethanol.html> >. Acesso em: 08 fev. 2017.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Nota técnica DEA 15/14: Inventário Energético de Resíduos Rurais**. Rio de Janeiro, 2014a Disponível em: < <http://www.epe.gov.br> > Acesso em: 06 fev. 2017.

_____. **Nota técnica DEA 18/14: Inventário Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Rio de Janeiro, 2014b. Disponível em: < <http://www.epe.gov.br> > Acesso em: 06 fev. 2017.

GRANBIO. **Biocombustíveis: Bioflex I**, 2017. Disponível em <<http://www.granbio.com.br/conteudos/biocombustiveis/>>. Acesso em: 04 mar. 2016.

MILANEZ, A. Y., NYKO, D., VALENTE, M. S., SOUSA, L. C., BONOMI, A., JESUS, C. D. F., WATANABE, M. D. B., CHAGAS, M. F., REZENDE, M. C. A. F., CAVALETT, O., JUNQUEIRA, T. L., GOUVÊIA, V. L. R.. **De promessa a realidade: como o etanol celulósico pode revolucionar a indústria da cana-de-açúcar - uma avaliação do potencial competitivo e sugestões de política pública**. BNDES Setorial 41: Biocombustíveis: BNDES Setorial 41, pp. 237 - 294, 2015. Disponível em: < https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/4283/1/BS41-De%20promessa%20a%20realidade_como%20o%20etanol%20celul%C3%B3sico%20pode%20revolucionar%20a%20ind%C3%A9stria%20da%20cana-de-a%C3%A7%C3%BAcar.pdf >. Acesso em 01 fev. 2017.

POET. **POET increases production capacity by 25 million gallons**, 2017. Disponível em: < <http://poet.com/pr/poet-increases-production-capacity-by-25-million-gallons>>. Acesso em: 22 dez. 2016.

UNCTAD - United Nations Conference on Trade and Development. **Biofuel production technologies: status, prospects and implications for trade and development**. New York and Geneva: 2008 Disponível em: < http://unctad.org/en/docs/ditcted200710_en.pdf >. Acesso em: 09 fev. 2017.