

ENERGIA LIMPA E ACESSÍVEL

CONTRIBUIÇÕES DA EMBRAPA

Airton Kunz
Marcelo Henrique Otenio
Renato Carrá Leitão
Rossano Gambetta

Editores Técnicos



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**



Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 7

ENERGIA LIMPA E ACESSÍVEL

CONTRIBUIÇÕES DA EMBRAPA

*Airton Kunz
Marcelo Henrique Otenio
Renato Carrhá Leitão
Rossano Gambetta*

Editores Técnicos

Embrapa
Brasília, DF
2018

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa

Parque Estação Biológica (PqEB)
Av. W3 Norte (Final)
CEP 70770-901 Brasília, DF
Fone: (61) 3448-4433
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Responsável pelo conteúdo

Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas

Coordenação técnica da Coleção ODS
Valéria Sucena Hammes
André Carlos Cau dos Santos

Comitê Local de Publicações

Presidente
Renata Bueno Miranda

Secretária-executiva
Jeanne de Oliveira Dantas

Membros
Alba Chiesse da Silva
Assunta Helena Sicoli
Ivan Sergio Freire de Sousa
Eliane Gonçalves Gomes
Cecília do Prado Pagotto
Claudete Teixeira Moreira
Marita Féres Cardillo
Roseane Pereira Villela
Wylviane Carlos Lima Vidal

Responsável pela edição

Secretaria-Geral

Coordenação editorial
Alexandre de Oliveira Barcellos
Heloiza Dias da Silva
Nilda Maria da Cunha Sette

Supervisão editorial
Cristiane Pereira de Assis

Revisão de texto
Everaldo Correia da Silva Filho

Normalização bibliográfica
Rejane Maria de Oliveira

Projeto gráfico e capa
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Tratamento das ilustrações
Paula Cristina Rodrigues Franco

1ª edição

E-book (2018)
Publicação digitalizada (2018)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa

Energia limpa e acessível : contribuições da Embrapa / Airton Kunz ... [et al.], editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2018.

PDF (52 p.) : il. color. (Objetivos do desenvolvimento sustentável / [Valéria Sucena Hammes ; André Carlos Cau dos Santos]; 7).

ISBN 978-85-7035-787-8

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Agricultura sustentável. 3. Fontes de energia. Kunz, Airton. II. Otenio, Marcelo Henrique. III. Leitão, Renato Carrhá. VI. Gambetta, Rossano. V. Coleção.

CDD 333.79

Autores

Airton Kunz

Químico industrial, doutor em Química, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Antonio Francisco Jurado Bellote

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências Florestais, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Carlos Reisser Júnior

Engenheiro agrícola, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

Guilherme de Castro Andrade

Engenheiro florestal, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Hugo Bruno Correa Molinari

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF

Itânia Pinheiro Soares

Química, doutora em Química Analítica, pesquisadora da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF

José Dilcio Rocha

Engenheiro químico, doutor em Engenharia Mecânica, pesquisador da Embrapa Territorial, Campinas, SP

Marcelo Henrique Otenio

Farmacêutico e Bioquímico, doutor em Ciências Biológicas/Microbiologia Aplicada, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Márcio Luís Busi da Silva

Biólogo, Ph.D. em Engenharia Ambiental, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Maria Cléa Brito de Figueirêdo

Graduada em Ciências da Computação, doutora em Engenharia Civil, pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

Marília Ieda da Silveira Folegatti Matsuura

Zootecnista, doutora em Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Renato Carrhá Leitão

Engenheiro civil, Ph.D. em Ciências Ambientais, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Ceará, CE

Ricardo Luis Radis Steinmetz

Químico industrial, doutor em Engenharia Química, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC

Rossano Gambetta

Engenheiro químico, doutor em Engenharia Química, pesquisador da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF

Sílvia Belém Gonçalves

Engenheira química, doutora em Engenharia Química, pesquisadora da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF

Simone Palma Favaro

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciências de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Agroenergia, Brasília, DF

Apresentação

A Agenda 2030, lançada pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015, é poderosa e mobilizadora. Seus 17 objetivos e 169 metas buscam identificar problemas e superar desafios que têm eco em todos os países do mundo. Por serem interdependentes e indivisíveis, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) demonstram com clareza, para quem se debruça sobre eles, o que é a busca por sustentabilidade.

Refletir e agir sobre essa Agenda é uma obrigação e uma oportunidade para a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). A busca incessante por uma agricultura sustentável está no cerne de uma instituição dedicada à pesquisa e à inovação agropecuária. E a agricultura sustentável é um dos temas mais transversais aos 17 objetivos. Esta coleção de e-books, um para cada ODS, ajuda a sociedade a perceber a importância da agricultura e da alimentação para cinco dimensões prioritárias – pessoas, planeta, prosperidade, paz e parcerias –, os chamados 5 Ps da Agenda 2030.

A coleção é parte do esforço para disseminar a Agenda 2030 na Instituição, ao mesmo tempo em que apresenta para a sociedade global algumas contribuições disponibilizadas pela Embrapa e parceiros com potencial para impactar as realidades expressas nos ODS. Conhecimentos, práticas, tecnologias, modelos, processos e serviços que já estão disponíveis podem ser utilizados e replicados em outros contextos a fim de apoiar o alcance das metas e o avanço dos indicadores da Agenda.

O conteúdo apresentado é uma amostra das soluções geradas pela pesquisa agropecuária na visão da Embrapa, embora nada do que tenha sido compilado nestes e-books seja fruto do trabalho de uma só instituição. Todos fazem parte do que está compilado aqui – parceiros nas universidades, nos institutos de pesquisa, nas organizações estaduais de pesquisa agropecuária, nos órgãos de assistência técnica e extensão rural, no Legislativo, no setor produtivo agrícola e industrial, nas agências de fomento à pesquisa, nos órgãos federais, estaduais e municipais.

Esta coleção de e-books é fruto de um trabalho colaborativo em rede, a Rede ODS Embrapa, que envolveu, por um período de 6 meses, cerca de 400 pessoas, entre editores, autores, revisores e grupo de suporte. O objetivo desse trabalho inicial foi demonstrar, na visão da Embrapa, como a pesquisa agropecuária pode contribuir para o cumprimento dos ODS.

É um exemplo de produção coletiva e de um modo de atuação que deve se tornar cada vez mais presente na vida das organizações, nas relações entre público, privado e sociedade civil. Como tal, a obra traz uma diversidade de visões sobre o potencial de contribuições para diferentes objetivos e suas interfaces. A visão não é homogênea, por vezes pode ser conflitante, assim como a visão da sociedade sobre seus problemas e respectivas soluções, riqueza captada e refletida na construção da Agenda 2030.

Estes são apenas os primeiros passos na trajetória resoluta que a Embrapa e as instituições parceiras desenham na direção do futuro que queremos.

Maurício Antônio Lopes
Presidente da Embrapa

Prefácio

Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) definem um conjunto de ações com foco na redução da pobreza, promovendo prosperidade e bem-estar às pessoas, ao mesmo tempo que se protege o meio ambiente e se enfrenta o aquecimento global. Eles são uma evolução dos oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio propostos em 2000 e da *Rio+20* realizada em 2012.

A presente publicação trata especificamente do ODS 7: Energia limpa e acessível – assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todas e para todos. Dentre as metas propostas para esse ODS, foram identificadas ações da Embrapa em três delas: meta 7.1 – Até 2030, assegurar o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis a serviços de energia; meta 7.2 – Até 2030, aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global; e meta 7.3 – Até 2030, dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética.

A meta 7.1 foi correlacionada com ações da Embrapa no intuito de propor processos industriais que possibilitem o desenvolvimento das cadeias produtivas do agronegócio atreladas à produção de energia, seja ela na forma de energia elétrica, seja na forma de biocombustíveis.

A meta 7.2 foi associada aos trabalhos da Embrapa sobre a pesquisa de novas cultivares e o desenvolvimento das cultivares existentes, de forma que elas possam ser utilizadas em processo ligados à produção de energia e biocombustíveis. Além disso, também se incluem nessa meta a identificação de resíduos com potencial para uso na produção de energia e biocombustíveis.

A Embrapa vem trabalhando com ferramentas para avaliação do impacto de tecnologias sobre o meio ambiente, assim como tecnologias de processo que utilizam menos energia que as tecnologias usualmente utilizadas no Brasil. Essas ferramentas e tecnologias foram associadas à meta 7.3.

O trabalho se divide em seis capítulos, sendo que o [primeiro](#) e [segundo](#) capítulos apresentam respectivamente a contextualização e problematização relacionada ao tema. Os próximos três capítulos apresentam as contribuições da Embrapa para com o ODS 7. O [último capítulo](#) apresenta o ODS 7 como ferramenta aos desafios para o aprimoramento dos serviços de energia, a fim de que esses estejam ao alcance da população.

Editores Técnicos

Sumário

Capítulo 1

- 11** Compromissos nacionalmente assumidos e a participação da Embrapa

Capítulo 2

- 17** Quais os entraves à universalização do acesso às fontes de energia no Brasil?

Capítulo 3

- 23** Biomassa e sua participação na matriz energética brasileira

Capítulo 4

- 35** Processos de produção de energia

Capítulo 5

- 45** Eficiência energética

Capítulo 6

- 51** ODS 7 como ferramenta para aprimorar o alcance da população aos serviços de energia

Capítulo 1

Compromissos nacionalmente assumidos e a participação da Embrapa

Rossano Gambetta

Renato Carrhá Leitão

Marcelo Henrique Otenio

Airton Kunz

Introdução

O Brasil é um país de fortes contrastes no que se refere à distribuição de renda e qualidade de vida de sua população. Ademais, somos um país que tem grande potencial de crescimento a partir de suas riquezas naturais, quer seja pela industrialização destas, quer seja pelo setor de serviços que suporta essas atividades ou que serve à população brasileira.

Dentro desse contexto, a agricultura é destaque no Brasil e, é uma das atividades com potencial de distribuição de renda. As diversas cadeias produtivas do agro-negócio podem ser potencializadas pela industrialização da produção agrícola, em que se inclui a produção com fins energéticos, gerando mais renda fora das grandes cidades e valorizando ainda mais o produtor rural. Como toda atividade humana, essas cadeias produtivas agrícolas geram substratos ou resíduos, passíveis de conversão em energia e em outros produtos de valor agregado, contribuindo para a sustentabilidade ambiental.

A vida e a energia estão intimamente ligadas, pois a organização que existe nos seres vivos depende da constante captura de energia externa, para alimentar as inúmeras reações químicas que mantêm a sua organização e funcionamento. Essa ligação aparece na evolução dos seres vivos e, por fim, na própria história da humanidade.

Apenas do ponto de vista da humanidade, a busca por energia levou nossos ancestrais a assumirem o papel de coletores, de caçadores e, posteriormente, de agricultores, acompanhando a ocorrência de maior disponibilidade de energia. O homem passou pelo domínio do fogo, que trouxe luz na escuridão da noite, que permitiu o aproveitamento mais eficiente dos alimentos e, ao mesmo tempo, produziu ferramentas mais complexas do que seria possível apenas valendo-se de sua força física.

Na Idade Média, em razão do desenvolvimento da matemática e da engenharia, o homem começou a dominar a transformação das formas de energia, seja por artefatos mecânicos (alavanca), seja pelo aproveitamento dos ventos (moinhos, irrigação e navegação) ou da água (máquinas movidas a vapor). A conjugação desses fatores deu início a Revolução Industrial, avançando até o estágio atual de desenvolvimento da humanidade (Farias; Sellitto, 2011).

A manutenção do nível tecnológico atual e o conforto por ele propiciado demandam um gasto cada vez maior de energia no atendimento das demandas de novas tecnologias e de uma população em crescimento. Notadamente observa-se que países desenvolvidos disponibilizam os meios para que seus cidadãos possam ter acesso a alimentos, saúde e educação, etc.; já os países em desenvolvimento não conseguem atingir os mesmos níveis de distribuição. Pode-se constatar que a falta ou a dificuldade de acesso à energia tem sido um agente que reduz o desenvolvimento econômico embora grandes esforços tenham sido realizados pelo poder público.

O ODS 7 no mundo

Atualmente o mundo passa por uma grande transformação no que se refere a sua matriz energética, hoje dominada pelos combustíveis e químicos derivados de fontes fósseis (ex., petróleo, carvão, gás natural, xisto), que inevitavelmente levam a um aumento da concentração dos gases causadores do efeito estufa na atmosfera, entre outros poluentes, que em última instância impactam no clima em nível global e na qualidade de vida (saúde) das populações urbanas. Os governos de vários países, ou mesmo blocos econômicos, têm determinado metas para redução de emissão desses gases, em geral levando-se a um compromisso que inclui o aumento do uso de fontes renováveis, sejam para fins de geração de energia elétrica, calor, combustíveis ou produtos químicos (Ren21, 2017).

Além dos benefícios citados ao clima e saúde da população, as fontes fósseis encontram-se concentradas em determinadas regiões do planeta, o que leva à desigualdade social e econômica, e que geram tensões, ou mesmo guerras, entre as diferentes nações. As energias renováveis, por sua vez, por serem obtidas localmente – seja por meio do sol (energia solar ou fotovoltaica), dos ventos (energia eólica), das marés (energia maremotriz), da energia potencial dos rios (energia hidroelétrica), de fontes termais (energia geotérmica), seja por meio da biomassa (material orgânico oriundo de fontes animais ou vegetais) –, ajudam a reduzir as

desigualdades introduzidas pela economia derivada das fontes fósseis, gerando segurança energética e renda.

Hoje, as energias renováveis são responsáveis por 19,3% da energia consumida no mundo e gera 9,8 milhões de empregos, principalmente no setor de energia fotovoltaica e de biocombustíveis (Ren21, 2017). O investimento mundial na geração de energias renováveis é aproximadamente o dobro do investimento da geração de energia de fontes fósseis nos últimos 5 anos, e em 2016 chegou à ordem de 241,6 bilhões de dólares (Ren21, 2017).

Aproximadamente 1,2 bilhão de pessoas não tem acesso à energia elétrica (16% da população mundial) e 2,7 bilhões de pessoas não têm acesso a fontes limpas para geração de calor para cozinhar seus alimentos (Ren21, 2017). Em parte, as energias renováveis têm contribuído para reduzir esses números, pois graças a seu caráter distribuído, ou seja, pode ser obtida de forma independente das redes de distribuição, e a um custo mais baixo.

O Brasil e seu compromisso frente ao ODS 7

O Brasil assumiu em 2015 o compromisso de trabalhar em prol dos 17 ODS propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU), em que foi definido o ano de 2030 para atingir as diversas metas que compõem cada um dos ODS.

Nosso país tem atuado no ODS 7 com ações governamentais, como a recente política de Estado, Política Nacional de Biocombustíveis ([RenovaBio](#)), para o uso de biocombustíveis, como o biogás, o etanol e o biodiesel, que, por utilizarem a biomassa como matéria-prima, são renováveis e podem ser produzidos em diferentes regiões do País, inclusive naquelas mais afastadas das refinarias de petróleo, além de serem alternativas de menor impacto ambiental. Algumas ações foram iniciadas décadas atrás, como o Programa Nacional do Álcool (Proálcool), de 1975, que alavancou o uso do etanol e culminou com a tecnologia dos carros flex, e o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), de 2004. Hoje, a gasolina e o diesel contêm, respectivamente, 27% de etanol e 8% de biodiesel em sua composição, com perspectivas de aumento do primeiro para 40% e do segundo, para 10% (Ren21, 2017).

O Brasil se destaca pelo uso do seu potencial hidroelétrico (68,1%), gerando energia limpa e renovável, quando comparado ao uso de carvão ou diesel (Balanço..., 2017). Energia limpa é toda aquela produzida sem que sejam realizadas novas emissões de gases poluentes. Nesse caso incluem-se as energias eólica, solar/

fotovoltaica, geotérmica e hidráulica, além daquelas oriundas da combustão de biomassa e seus resíduos, ou bicomcombustíveis dela derivados (ex., biogás, etanol, biodiesel), em que o dióxido de carbono emitido volta a ser capturado no cultivo subsequente da biomassa.

Atualmente o País tem aumentado de forma expressiva a produção de energia a partir da biomassa, energia eólica e energia fotovoltaica, com crescente relevância em regiões mais remotas onde não há energia elétrica disponível (Balanço..., 2017; Ren21, 2017).

O Brasil se destaca com sua produção agrícola, na qual somente o processamento da cana-de-açúcar gera aproximadamente 157×10^6 t de bagaço (Leitão et al., 2017), que é usado para produção de [energia térmica](#), sendo esta em parte transformada em energia elétrica. Uma tecnologia emergente é a de produção de etanol de segunda geração a partir do bagaço, com potencial de aumentar em 30% a produção de etanol sem aumentar a área plantada (Embrapa Agroenergia, 2011).

Algumas regiões do País se destacam pelo aproveitamento de resíduos da produção animal pela digestão anaeróbia, geração e aproveitamento de biogás para fins energéticos e pelo uso do digestato (efluente dos biodigestores) como biofertilizantes (Kunz et al., 2016).

O papel da Embrapa nas metas do ODS 7

Em consonância com a sua missão nas pesquisas, ações de fomento e aplicação de novas tecnologias no agronegócio, a Embrapa lidera várias ações envolvendo a produção e o uso eficiente de [energias renováveis](#). Essas ações estão associadas à: disponibilização de energia para regiões remotas; cultivos de biomassas específicas para produção de energia ou para regiões de baixa produtividade, no aproveitamento de resíduos das cadeias produtivas do agronegócio ou na proposição de processos mais eficientes no uso da energia.

A Embrapa atua no desenvolvimento de novas cultivares para serem utilizadas como biomassa energética. As pesquisas buscam melhorar sua resistência aos rigores do clima (efeito estufa, deficit hídrico, variações sazonais, etc.) e solos de baixa qualidade, expandindo dessa forma a disponibilidade de produção de biomassa, tanto para o consumo humano quanto para produção de produtos químicos e combustíveis. Importante ressaltar-se que mesmo a produção dedicada à alimentação humana gera resíduos no campo e na cidade, os quais podem ser

convertidos em energia e produtos químicos de alto valor agregado, diminuindo-se assim os impactos ambientais.

Alguns avanços tecnológicos produzidos pela Embrapa incluem alternativas mais eficientes na produção de energia. Isso é alcançado por meio de variedades ditas “energéticas” ou mesmo como opção pelo uso sustentado de florestas como lenha e carvão. O cultivo de microalgas, ao aproveitar o potencial solar do Brasil e suas possibilidades de aplicação na mitigação de emissões de CO₂ de outros processos produtivos, também tem sido objeto de pesquisas.

A Embrapa estuda diversos processos de conversão de biomassa em produtos de alto valor agregado (produtos químicos, combustíveis, biomateriais, biofertilizantes) e de [energia](#). Alguns processos de conversão são aplicados a biomassas, como grãos de oleaginosas, com produção de óleos que, por sua vez, são utilizados na produção de biodiesel. Já a biodigestão anaeróbia é aplicada, via de regra, a resíduos das cadeias produtivas do agronegócio visando à agregação de valor a estes materiais por meio de processos de mono e codigestão (Rede Biogásfert, 2018). As pesquisas são realizadas em toda a cadeia produtiva, desde modificações genéticas para melhorar cepas de leveduras aptas a fermentar a biomassa para produção de etanol, passando por novas cultivares com maior teor de açúcares ou óleo, ou processos produtivos mais eficientes, até o uso dos resíduos como fonte de energia.

As pesquisas realizadas pela Embrapa envolvem o uso de ferramentas de avaliação ambiental, como a [Avaliação do Ciclo de Vida \(ACV\)](#), que visa ao aumento da eficiência ambiental dos produtos e processos inovadores. Assim, o desenvolvimento de novos processos produtivos para o processamento de matérias-primas agrícolas tem sempre foco na sustentabilidade, e conduz a ganhos econômicos, em geral para mitigar o uso de energia elétrica e insumos, e menor geração de resíduos.

Considerações finais

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) indicam as direções que devem ser tomadas para reduzir a desigualdade dentro de cada país. Nesse contexto, o ODS 7 tem um papel fundamental ao discutir alternativas para que a energia esteja disponível para todos, com o incentivo ao desenvolvimento e crescimento sustentável da humanidade.

O Brasil possui recursos naturais em abundância e vocação para produção agropecuária, permitindo que hoje o País desfrute de uma matriz energética composta principalmente por energia limpa e renovável, seja na forma energia hidroelétrica e energia derivada de biomassa, seja na forma de biocombustíveis, como o biogás, o etanol e o biodiesel.

As fontes de energia derivadas de biomassa permitem gerar mais renda e empregos no campo e se colocam como uma alternativa para o produtor. Além disso, o caráter distribuído dessas fontes de energia permite disponibilizar energia de qualidade em locais mais afastados dos grandes centros ou locais de grande produção.

Assim, dentro do contexto do ODS 7, a Embrapa vem buscando soluções ao agro-negócio brasileiro, com o objetivo de agregar valor aos resíduos, desenvolver e transformar a biomassa para que possa ser utilizada como fonte de energia alternativa em nosso país.

Referências

- BALANÇO energético nacional 2017: ano base 2016. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2017. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2017.
- EMBRAPA AGROENERGIA. **Etanol lignocelulósico**. 2011. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/33418/1/Etanol-celulosico.pdf>>. Acesso em: 6 mar. 2018.
- FARIAS, L. M.; SELBITTO, M. A. Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras. **Revista Liberato**, v. 12, n. 17, p. 1-106, jan./jun. 2011.
- KUNZ, A.; AMARAL, A. C. do; STEINMETZ, R. L. R. **Padronização do uso das unidades de medida em processos de produção de biogás**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2016. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado técnico, 537).
- LEITÃO, R. C.; CASSALES, A. R.; ALEXANDRE, L. C.; PINHEIRO, F. G. C.; SOARES, A. K. L.; BRITO, M. Z. R. de; VALE, M. do S.; SOUZA FILHO, M. de S. M. de; SANTAELLA, S. T.; ROSA, M. de F. **Produção de lignossulfonatos a partir da lignina extraída do bagaço da cana-de-açúcar**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2017. 3 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado técnico, 228).
- REDE BIOGÁSFERT. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/biogasfert/>>. Acesso em: 24 mar. 2018.
- REN21. **Renewables 2017**: global status report. Paris: REN21 Secretariat, 2017. Disponível em: <http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/17-8399_GSR_2017_Full_Report_0621_Opt.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2017.

Capítulo 2

Quais os entraves à universalização do acesso às fontes de energia no Brasil?

Rossano Gambetta

Renato Carrhá Leitão

Marcelo Henrique Otenio

Airton Kunz

Introdução

A disponibilidade de energia está ligada ao desenvolvimento de diversas sociedades, pois dela depende a implementação de infraestrutura necessária para atingir bons indicadores de qualidade de vida, como: saúde pública; educação de qualidade; serviços de abastecimento de água potável; coleta e tratamento dos resíduos; e preparação e conservação de alimentos, dentre outros.

As principais dimensões que afetam o acesso à energia, quando se fala em sistemas distribuídos, são: diferença entre o custo da energia *off-grid* e da distribuidora; disponibilidade do combustível (incluindo estabilidade/previsibilidade do preço); modularidade, flexibilidade e tempo de instalação da solução; curva de aprendizado da tecnologia ser superior à dos combustíveis fósseis; confiabilidade e robustez da solução; melhoria de saúde por redução da poluição dentro de ambientes fechados; contribuição para mitigação de mudanças climáticas; redução no desflorestamento e degradação ambiental; efeito positivo no empoderamento feminino e redução da pobreza de grupos vulneráveis (Ren21, 2017).

A seguir, serão discutidos alguns entraves ao acesso universal à energia no nosso país.

O acesso às fontes de energia

A sociedade moderna vive uma revolução digital, a informação percorre o mundo em velocidade e facilidade nunca antes imaginadas. No entanto, é necessário ter acesso à energia. A sua falta faz com que uma parcela significativa da população não tenha acesso à informação tão necessária para o seu desenvolvimento, aumentando as diferenças sociais.

O uso da madeira (lenha) por parte da população sem acesso adequado à energia (seja por localização ou custo) ainda é uma realidade principalmente no preparo de alimentos, sendo muitas vezes uma forma de geração de renda, na forma de conversão de madeira em carvão para venda nos centros urbanos. Esta atividade está, em geral, associada ao desmatamento da vegetação nativa das diversas regiões do País. Ao mesmo tempo essa prática é associada a problemas de saúde na população exposta a fumaça produzida dentro das residências. A lenha e o carvão vegetal representam 8% da oferta interna de energia no Brasil, e inclui a produção para indústrias de diversos setores (Balanço..., 2017).

O consumo de energia per capita (TEP) nos países em desenvolvimento se correlaciona fortemente com indicadores de qualidade de vida, como a expectativa de vida, mortalidade infantil, analfabetismo e taxa de natalidade (Goldemberg, 1998). Esse mesmo autor cita que é essencial que a TEP per capita por ano ultrapasse a barreira de 1 para o desenvolvimento da sociedade, e que, à medida que ela chega a 2, se vê incremento considerável da qualidade de vida. O autor também considera que, em 1998, o Brasil tinha uma TEP per capita por ano de 1,3 com expectativa de crescimento no consumo de energia de 4,6% ao ano, ao passo que o crescimento da população estava em 1,3% ao ano. Dessa forma, estimou-se que em 20 anos a TEP per capita por ano deveria alcançar valores entre 2,5 e 3, aproximando-se da média da União Europeia.

A população brasileira em 2016 era de 206.081.432 habitantes e com uma oferta interna de energia de 288.319.000 TEP, o que nos leva a um TEP per capita por ano de 1,40, bem abaixo do esperado (Balanço..., 2017). Essa diferença entre o valor atual e o projetado por Goldemberg (1998) se deve à crise econômica recente, que deixou o PIB estagnado, enquanto a população continuou crescendo. Isso fez com que o País tivesse na última década taxas de crescimento inferiores à projetada, mantendo-se estagnado no que se refere à disponibilidade/consumo de energia e sua consequente contribuição à qualidade de vida.

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) – que é utilizado pela Organização das Nações Unidas (ONU) e leva em conta a expectativa de vida, educação e renda bruta nacional – é outro índice que pode ser correlacionado com o consumo de energia. O Brasil foi classificado em 2016 como um país de alto desenvolvimento humano, ocupando a 79ª posição, com um IDH de 0,754. O País, em 1990, tinha um IDH de 0,611, em 2002 esse valor já tinha chegado a 0,699, passando por um período de queda e estagnação até 2006, quando começou a se recuperar e chegar ao patamar atual em 2013, seguido por um novo período de estagnação.

Steinberger (2016) apresentou uma comparação entre o IDH e o consumo de energia per capita utilizando dados do ano de 2012. Nesse comparativo, o Brasil se encontrava com um IDH próximo a 0,74 e um consumo de energia per capita de 63 gigajoules (GJ). A autora afirma que um alto desenvolvimento humano é atingido, passando de 50 GJ per capita, o que equivale a um IDH acima de 0,7. Pode-se observar nos dados que o consumo de energia correlaciona com o IDH, havendo uma saturação em que um aumento de energia não leva a incrementos significativos do IDH, e também que para um mesmo consumo de energia há grande variação no IDH, provavelmente, influenciado por fatores culturais de cada país.

O Brasil já é um país com destaque na produção e uso de energias renováveis. Tem-se que 41,5% da energia vem de fontes como reservatórios hídricos (hidrelétricas), ventos (parques eólicos), produtos da cana-de-açúcar (etanol, bagaço e vinhaça), culturas oleaginosas, gordura animal e residual (produção de biodiesel) e lenha (energia térmica) (Balanço..., 2017). Os dados mostram que a geração de energia hidroelétrica está estagnada nos últimos 10 anos, período no qual houve redução no consumo de lenha, aumento expressivo no uso da cana-de-açúcar e biodiesel, e uma expansão forte na produção de energia eólica. Nos últimos anos, houve um início do uso da energia fotovoltaica que tende a crescer rapidamente nos próximos anos. No entanto, apesar do aumento do uso das fontes renováveis, ainda há necessidade de políticas públicas que priorizem investimentos em fontes renováveis e limpas de energia, visando ao atingimento da meta 7.2, que trata do incremento dessas fontes na matriz energética do Brasil, indo do fomento à pesquisa até o uso das mais novas tecnologias existentes no mundo.

No que se refere ao acesso à energia, os dados do Censo de 2010 do IBGE indicam que, dos 57.324.185 domicílios no Brasil, 550.612 contavam com alguma fonte de energia diversa da companhia distribuidora, ao passo que 728.512 não tinham qualquer acesso à energia (Tabela 1). A região Norte se destacou das demais regiões do País, tanto na falta de acesso como em outras formas de obter energia.

Os dados mostram que o acesso à energia no Brasil é, em primeiro lugar, dificultado por questões geográficas e, em segundo lugar, pela própria renda da população, pois na falta da energia de uma distribuidora, são adotadas soluções próprias (Tabela 1).

Nesse caso, cabe ao poder público facilitar e baratear o acesso às tecnologias de geração distribuída compatíveis com cada região. Salienta-se que a existência de uma solução própria ao abastecimento de energia, ou mesmo acesso à energia

Tabela 1. Domicílios no Brasil com e sem acesso à energia elétrica.

Brasil e regiões	Domicílios particulares permanentes	Existência de energia elétrica				Energia outra fonte (%)	Sem energia (%)
		Total	De companhia distribuidora	De outra fonte	Não tinham		
Brasil	57.324.185	56.595.007	56.044.395	550.612	728.512	0,96	1,27
Região Norte	3.975.533	3.724.295	3.547.426	176.869	251.207	4,45	6,32
Região Nordeste	14.922.901	14.583.662	14.460.942	122.720	339.087	0,82	2,27
Região Sudeste	25.199.799	25.133.234	24.937.720	195.514	66.211	0,78	0,26
Região Sul	8.891.279	8.859.224	8.829.870	29.354	31.979	0,33	0,36
Região Centro-Oeste	4.334.673	4.294.592	4.268.437	26.155	40.028	0,6	0,92

Fonte: IBGE (2010).

da companhia distribuidora, não necessariamente propicia condições adequadas de promover o desenvolvimento regional com base nas tecnologias dependentes de energia.

Considerações finais

O Brasil possui fartura de terra e água, comprovado por sua vocação na produção agropecuária. Além disso, tem abundância de sol e vento em grande parte de seu território. Do agronegócio podem sair biomassas e resíduos passíveis de aproveitamento para geração de energia, os quais, junto com a geração eólica e solar, permitem que a energia seja gerada longe dos grandes centros de consumo e produção (geração distribuída).

Além disso, a [universalização dos serviços públicos de energia elétrica](#) vem sendo tratada pelo governo desde 2002, iniciando com o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (Proinfa) e em 2003 com o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica (Luz para Todos), até nos dias atuais se tornar uma responsabilidade das respectivas concessionárias/distribuidoras locais de energia.

Referências

BALANÇO energético nacional 2017: ano base 2016. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2017. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2017.

GOLDEMBERG, J. Dossiê recursos naturais: energia e desenvolvimento. **Estudos Avançados**, v. 12, n. 33, p. 7-15, 1998.

IBGE. **Sinopse do censo demográfico 2010**. 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=P13>>. Acesso em: 1 dez. 2017.

REN21. **Renewables 2017**: global status report. Paris: REN21 Secretariat, 2017. Disponível em: <http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/17-8399_GSR_2017_Full_Report_0621_Opt.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2017.

STEINBERGER, J. K. **Energising human development**. 2016. Disponível em: <<http://hdr.undp.org/en/content/energising-human-development>>. Acesso em: 1 dez. 2017.

Capítulo 3

Biomassa e sua participação na matriz energética brasileira

Antonio Francisco Jurado Bellote

Guilherme de Castro Andrade

Hugo Bruno Correa Molinari

José Dilcio Rocha

Márcio Luís Busi da Silva

Ricardo Luis Radiz Steinmetz

Simone Palma Favaro

Introdução

O presente capítulo está ligado à meta 7.2 do ODS 7: Até 2030, aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global. Nessa meta busca-se, por meio das energias renováveis, o fornecimento de uma energia mais limpa e, ao mesmo tempo, a permissão de que mais pessoas tenham acesso à energia.

Aqui serão apresentadas as contribuições da Embrapa ligadas à pesquisa e ao fomento de novas biomassas para uso na agricultura do País, além de trabalhos focados em resíduos produzidos nas diversas cadeias do agronegócio brasileiro como fontes de energias renováveis.

Culturas energéticas

As culturas, ou cultivos, energéticos são aqueles nos quais a biomassa pode ser direcionada para produção de energia, sendo exemplos desses cultivos florestas, cana-de-açúcar e forrageiras, oleaginosas (como soja, dendê e macaúba) e microalgas.

As culturas com potencial energético têm sido estimuladas como alternativas ambientalmente mais sustentáveis. Destacam-se diversas pesquisas realizadas pela Embrapa de modo a compreender e minimizar o impacto das atividades agroindustriais sobre o ambiente e, por sua vez, o impacto deste sobre essas culturas, frente a uma possibilidade de mudanças climáticas e dos processos biológicos a elas relacionados. São exemplos dessas tecnologias desenvolvidas pela Embrapa:

sistemas de produção integrados – Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF); variedades de eucalipto (BRS 9402, BRS 9801, BRS 8801, SCSBRS 0201), capim-elefante (Cameroon, CNPGL F 06-3, BAG 02) e mamona (BRS Energia e Gabriela).

Florestas energéticas

No Brasil, a biomassa florestal, representada principalmente pela lenha, foi a principal fonte de energia primária, por mais de 450 anos. Na década de 1950, a madeira respondia por 75% do total da energia consumida no País. Atualmente, em razão da disponibilidade tecnológica e do baixo custo dos derivados de petróleo somado à produção em grande escala de energia elétrica, a biomassa florestal contribui apenas com 8% na matriz energética nacional.

O País tem demonstrado características importantes para se tornar referência em produção de energia a partir de biomassa florestal. Localiza-se em uma região tropical e dispõe de condições climáticas e edáficas adequadas ao estabelecimento de plantios florestais, e extensas áreas com potencial para produção de biomassa em abundância.

Existem, atualmente no Brasil, cerca de 8 milhões de hectares de florestas plantadas, das quais 64% são florestas de eucalipto presentes em pouco mais de 500 municípios brasileiros (Indústria Brasileira de Árvores, 2015). A demanda atual brasileira situa-se ao redor de 350 milhões de metros cúbicos de madeira, sendo que as florestas de eucalipto suprem apenas um terço do total dessa demanda anual. A participação das florestas plantadas no Brasil tem crescido sensivelmente nos últimos anos, principalmente no segmento de celulose e papel e para a indústria do carvão vegetal. O País possui um amplo domínio tecnológico sobre a silvicultura de florestas plantadas, com reconhecimento nacional e internacional.

A Embrapa desenvolve pesquisas visando diversificar as espécies potenciais para produção de biomassa, aumentar a produtividade e diminuir os impactos advindos dessa atividade. Isso coloca o Brasil com vantagem competitiva no cenário mundial de produção de energias renováveis. Entretanto, ainda há que se promover um maior incremento de ações para o desenvolvimento da sua cadeia produtiva, em bases sustentáveis. Isso, necessariamente, passa pela prospecção, análise e desenvolvimento de tecnologias destinadas ao aumento da produção e da qualidade da biomassa, concomitante com a melhoria no processamento, transformação e aplicações de seus produtos energéticos. Porém, há uma carência de políticas públicas de longo prazo consolidadas para alavancar o uso da bioenergia

no agronegócio brasileiro. Atualmente, há uma boa perspectiva nesse campo com a implementação da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio – Lei nº 13.576/2017), sendo anunciada como um novo marco legal dos biocombustíveis no Brasil. Conforme indica o Ministério de Minas e Energia (Brasil, 2017), o programa RenovaBio é uma política de Estado que objetiva traçar uma estratégia conjunta para reconhecer o papel de todos os tipos de biocombustíveis na matriz energética brasileira, tanto para a segurança energética quanto para mitigação e redução de emissões de gases causadores de efeito estufa.

Embora a Embrapa tenha participado, nos últimos anos, dos avanços no desenvolvimento de tecnologias, há ainda importantes desafios a serem enfrentados, como: a) oferta de germoplasma para implantação de florestas que sejam adaptadas às diferentes realidades do território brasileiro; b) aumento nos conhecimentos silviculturais para elevar a produtividade dos plantios, tanto em sistemas não integrados quanto integrados; c) melhoria do nível tecnológico usualmente adotado nas formas tradicionais de conversão de madeira em energia como lenha e carvão vegetal; d) avanço no conhecimento e desenvolvimento de tecnologias de alto valor agregado, como álcool da madeira, bio-óleo e outros. Tudo isso visando à geração de produtos energéticos mais elaborados destinados a aplicações mais específicas a partir da madeira.

Cana-de-açúcar e forrageiras

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e algumas outras forrageiras podem ser utilizadas como biomassa para produção de energias renováveis, principalmente o etanol. O Brasil já domina a tecnologia da produção de etanol de primeira geração (etanol 1G) e possui a infraestrutura e o conhecimento industriais necessários à implantação da geração de etanol de segunda geração (etanol 2G) a partir da biomassa de cana-de-açúcar. O grande desafio nesse sentido refere-se à recalcitrância da biomassa, isto é, a rigidez proporcionada pela estrutura química dos componentes da biomassa, que impede a liberação de açúcares fermentescíveis. Assim, fazem-se necessários a busca e o desenvolvimento de novas variedades de plantas que possuam menor recalcitrância em sua biomassa.

Nesse contexto, a [Embrapa Agroenergia](#) tem sido pioneira no desenvolvimento de novas ferramentas biotecnológicas para o desenvolvimento de novas variedades de cana com maior acúmulo de biomassa e menor recalcitrância. A utilização da tecnologia de edição gênica, que não envolve a geração de organismos geneticamente modificados (OGMs), vem sendo desenvolvida e empregada para

a engenharia genética da cana-de-açúcar com as características anteriormente mencionadas (Waltz, 2016). Além disso, o desenvolvimento de novas variedades que possuam maior eficiência no uso da água também vem sendo realizado na Unidade da Embrapa. Esse é um fator imprescindível para que se possa cultivar cana-de-açúcar em áreas marginais, pouco irrigadas e que não se destinem à cultura de alimentos. Além da cana, outras espécies de forrageiras também vêm sendo estudadas para a produção de biocombustíveis.

A variabilidade genética de forrageiras tropicais encontradas no Brasil permite o estudo de diversos genótipos que possam ser usados para a produção de etanol, aliado a processos industriais integrados que se enquadrem na realidade da indústria sucroenergética. A integração desses processos passa também pela cogeração de energia, como a energia elétrica gerada nas usinas pelo bagaço da cana-de-açúcar. O desenvolvimento desses processos na Embrapa se dá por meio de parcerias público-privadas com o setor sucroenergético, e isso possibilitará a viabilização do etanol celulósico em escala comercial. Além disso, eventos com a participação de atores políticos também estão nos planos estratégicos da Embrapa, para uma ampliação do conhecimento científico aliado a políticas públicas que possam levar ao aumento substancial da participação do Brasil no desenvolvimento de energias renováveis na matriz energética global.

Oleaginosas

A implementação do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), no Brasil em 2005, levou à substituição parcial e progressiva de combustível fóssil para veículos pesados no Brasil (Brasil, 2005). Óleos e gorduras são as matérias-primas renováveis, base para a produção de biodiesel (Othman et al., 2017). A disponibilidade imediata de matéria graxa renovável no Brasil recaiu sobre a soja, principal cultura agrícola brasileira. No entanto, a dependência de uma única fonte, cujo rendimento em óleo por área plantada é baixo (aproximadamente 500 kg/ha), levou à necessidade de fontes alternativas com maior densidade energética. Projetos multidisciplinares e multi-institucionais foram e estão sendo conduzidos pela Embrapa, com o objetivo de disponibilizar tecnologias para outras espécies oleaginosas com potencial de alto rendimento. As pesquisas envolvem a domesticação de espécies nativas como a [palmeira macaúba](#) (*Acrocomia* spp.), que apresenta potencial de produção de óleo superior a 4.000 kg/ha (Cardoso et al., 2017) e pode ser cultivada em sistemas de integração com lavoura e/ou pecuária em biomas diversos, como o Semiárido e Cerrado. As domesticações de espécies exóticas, como [pinhão-manso](#) (*Jatropha curcas*) e [tungue](#) (*Ver-*

nicia fordii) também estão sendo estudadas. Projetos para incrementar a cultura da palma (*Elaeis guineensis*, de origem africana; *Elaeis oleifera*, de origem americana) – que, apesar do cultivo tradicional e alto rendimento em óleo (média brasileira de 3.500 kg/ha), está restrita a áreas de elevada pluviometria encontradas em regiões amazônicas e Recôncavo Baiano – estão em andamento e envolvem desde melhoramento genético até o aproveitamento dos resíduos. Bancos de germoplasma de macaúba, pinhão-manso e dendê compõem importantes ativos da Embrapa para subsidiar os estudos com essas espécies.

Além da Embrapa Agroenergia, diversas outras Unidades da Empresa estão envolvidas nesses trabalhos, buscando fortalecer essa linha de pesquisa, desenvolvimento e inovação. Como resultado desse esforço, houve o fomento à cadeia produtiva da macaúba no Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e no Semiárido do estado do Ceará (Macaúba em Sistemas Agroflorestais, 2017). Plantios de macaúba em escala comercial estão sendo implantados em Minas Gerais (Cipriani, 2017), e políticas públicas para sua exploração extrativista foram estabelecidas e já beneficiam agricultores familiares (Brasil, 2014). Lavouras anuais também estão em estudo. Um exemplo é a frente de trabalho para a tropicalização da canola (*Brassica napus*), permitindo seu cultivo no Brasil Central (Laviola, 2017).

Microalgas

A Embrapa também tem atuado em pesquisas com a produção de algas. Por exemplo, o Projeto Nextbio tem como alvo, além de espécies vegetais oleaginosas, também o melhoramento e sistemas de cultivo de algas para a produção de lipídeos (Laviola, 2017).

Existe um grande interesse mundial em explorar o potencial biotecnológico das [microalgas](#). Contudo, uma das principais limitações na produção desse tipo de biomassa em larga escala consiste no custo elevado dos nutrientes necessários para formulação do meio de cultivo.

O uso de efluentes da pecuária como fonte alternativa de meio para cultivo mostra-se adequado para o crescimento de microalgas, podendo ser aplicado de forma promissora para produção de [biomassa](#) em larga escala. Concomitantemente ao processo produtivo de microalgas, os nutrientes presentes e potencialmente causadores de eutrofização dos corpos hídricos são parcialmente removidos, reduzindo ou eliminando os impactos ambientais oriundos da atividade pecuária.

As microalgas produzidas durante o tratamento dos efluentes são coletadas e podem servir como matéria-prima para produção de etanol (possuem 0,5 g/g de açúcar por microalga), de ração animal (contém 56% de proteínas), e/ou de metano quando as algas são usadas como substrato para digestão anaeróbia gerando 0,6 L/g de metano por microalga.

Portanto, sistemas de tratamento de efluentes com base da produção de microalgas podem tornar-se uma opção sustentável e atrativa economicamente, apresentando-se como interessante oportunidade na carteira de negócios para o agronegócio.

Resíduos

Os resíduos das cadeias produtivas do agronegócio, incluindo a industrialização e mesmo o consumidor final, representam uma grande ameaça para o meio ambiente, para a saúde e qualidade de vida das pessoas. No entanto, com o emprego de tecnologias adequadas, podem ser aproveitados na geração distribuída de energia, dessa forma, gerando energia limpa, renovável e de qualidade em locais normalmente afastados dos grandes centros de produção.

Aproveitamento de resíduos agrícolas, florestais e agroindustriais

Resíduos são matérias-primas que ainda não têm usos viáveis, tanto do ponto de vista técnico como econômico. O desafio é transformar o subproduto de um determinado processo em matéria-prima de outro, proporcionando o aproveitamento integral dos recursos, gerando renda e trabalho, diminuindo a pressão sobre o meio ambiente e aumentando a lucratividade do empreendimento. Os profissionais da Embrapa ligados à Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e à Transferência de Tecnologia sempre estiveram envolvidos na busca de soluções tecnológicas aplicadas à conversão dos resíduos em produtos com maior valor agregado.

A geração de energia com resíduos orgânicos pode se dá via processos térmicos ou biológicos, conhecido universalmente como bioenergia e biocombustível. Os resíduos agrícolas são relacionados com as culturas para a produção de alimentos, fibras ou biocombustíveis, como a palha de cana-de-açúcar, palha de arroz, soqueira de algodão, etc. Os resíduos de pecuária são principalmente o esterco dos animais, a cama de frangos, etc. Os resíduos florestais são os restos da silvicultura, como galhos finos, folhas, cascas, etc. Os resíduos industriais são bagaço de cana, vinhoto, casca de arroz, sebo, serragem, maravalha, licor negro (indústria de

celulose), torta da extração de óleos vegetais, casca de coco, sabugo e palha de milho, casca de amendoim, etc. Os resíduos sólidos urbanos são a fração orgânica, o lodo das estações de tratamento de esgoto, o óleo de fritura usado, as podas das árvores urbanas, etc.

Para a quantificação dos resíduos agrícolas, existem índices que relacionam a produção agrícola de cada produto com a quantidade de resíduo gerada. Por exemplo, para o arroz é 30% de casca, considerando a produção de arroz em casca (IBGE, 2015). De acordo com Balanço... (2016) têm-se as seguintes informações: para o coco é considerado um peso médio de 500 g por unidade, sendo 60% de resíduo; para os resíduos de pecuária, também existem quantidades de esterco por cabeça de animal; para o resíduo sólido urbano existem vários estudos, e o valor médio no Brasil é cerca de 1 kg/habitante/dia. No caso do bagaço de cana, que é largamente usado na cogeração (calor e energia elétrica), o País produziu 121 milhões de toneladas no ano de 2016 e consumiu toda essa quantidade para gerar energia; outro resíduo é a lixívia ou licor negro, com 16 milhões de toneladas produzidas naquele ano e consumidas para energia (Balanço..., 2016). Na Figura 1 são apresentados vários produtos agrícolas característicos do Brasil com sua respectiva produção e resíduos gerados.

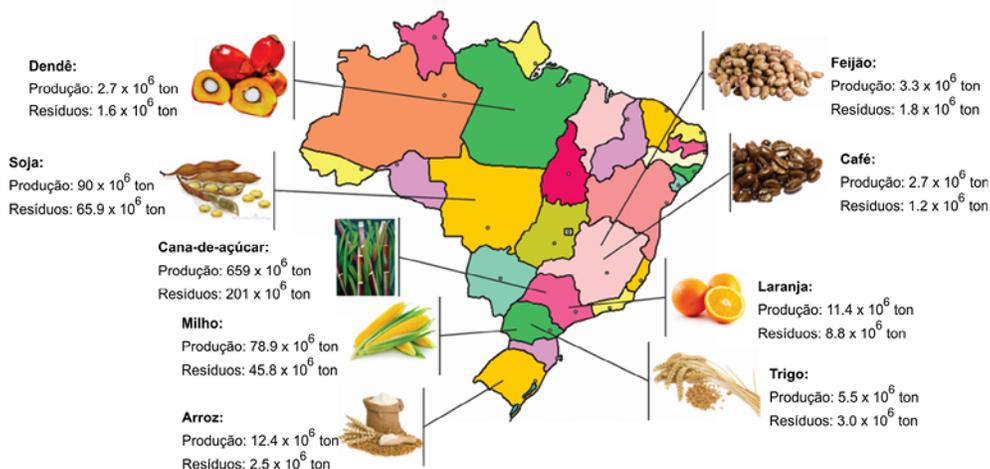


Figura 1. Estimativa de produção agrícola no Brasil e sua respectiva produção de resíduos.

Fonte: Conab (2017).

As tecnologias de cogeração são bem conhecidas e usam caldeiras com ciclo a vapor, turbinas de vapor e turbinas a gás. A compactação por enfardamento, briquetagem ou peletização pode ser usada como solução de logística. Os resíduos com altos teores de umidade, como o esterco, a vinhaça e os resíduos sólidos urbanos, podem ser usados como substrato para fermentação anaeróbia em um biodigestor para produzir biogás, com alto teor de metano, visando à conversão em energia (elétrica ou térmica), além de produzir biofertilizantes.

Resíduos da pecuária

A produção animal no Brasil sofreu diversas mudanças nas últimas três décadas, migrando de sistemas de subsistência para sistemas industriais baseados no confinamento dos animais (Kunz et al., 2009). Essa tendência colocou o País como segundo maior produtor e líder mundial como exportador de carne de frango, com 13 milhões de toneladas produzidas e destas, 4,3 milhões exportadas em 2016 (Associação Brasileira de Proteína Animal, 2017). Com relação à produção de ovos, superou-se a produção de 39 bilhões de unidades e, com relação à carne de perus, foram mais de 367 mil toneladas em 2016, em que 38% foram exportadas (Associação Brasileira de Proteína Animal, 2017). De acordo com a Central de Inteligência em Aves e Suínos, o Brasil se destaca como quarto maior produtor e exportador mundial de suínos, superando 3,7 mil toneladas de proteína produzidas anualmente (Embrapa Suínos e Aves, 2017). Além disso, a criação intensiva de gado de leite está em pleno desenvolvimento (Mao et al., 2015). Entre os anos de 1996 e 2013 houve aumento de aproximadamente 40% na produção de leite no Brasil (Cavicchioli et al., 2015). A produção brasileira deste produto em 2014 foi de 35,2 bilhões de litros (IBGE, 2015).

Assim, baseado nos grandes volumes de produção como importante fonte econômica, a produção animal intensiva tem grande representatividade quanto à geração de resíduos. Os dejetos dos animais e demais resíduos relacionados à produção destes necessitam de alternativas para tratamento e destinação para que sejam mitigados os impactos ambientais. A título de comparação, via de regra, um suíno tem um potencial poluidor equiparável a dez pessoas (considerando-se o nitrogênio). Dentre as rotas de tratamento, destaca-se a oportunidade de uso como fonte de energia em consórcio com o aproveitamento de nutrientes na fertilização do solo (Kunz et al., 2009).

A rota biológica se destaca nesse contexto, especialmente pela oportunidade de poder converter a matéria orgânica dos dejetos de bovinos e suínos em bio-

gás, mas também há oportunidade de uso energético por processos térmicos (ex., cama de aves e/ou de perus, cama sobreposta de suínos ou mesmo subprodutos de sistemas *compost barn* para bovinos). Apesar de atualmente representar apenas 0,9% da matriz elétrica renovável brasileira, estima-se que o potencial de geração de biogás a partir de dejetos de animais seja maior que a capacidade de geração da hidrelétrica de Itaipu. O desafio consiste na logística para uso desta matéria-prima, que vem sendo instigadas por meio de políticas públicas como o Plano de Agricultura de Baixo Carbono – ABC (Brasil, 2016) e o Programa Renova-Bio (Brasil, 2017), com contribuições diretas da Embrapa por meio de aporte de informações técnico-científicas.

A Embrapa tem desenvolvido pesquisas para aprimorar o uso energético desses resíduos por intermédio da estruturação laboratorial e coordenação de redes, a exemplo da Rede [BiogásFert](#). Essa, por exemplo, vem estudando e organizando informações referentes a tecnologias para produção e uso de biogás e fertilizantes a partir do tratamento de dejetos animais no âmbito do plano de [Agricultura de Baixa Emissão de Carbono](#) (ABC) e, portanto, diretamente vinculado ao ODS 7.

Considerações finais

A Embrapa tem atuado em diversas frentes, visando obter e otimizar as fontes de energia a partir da biomassa vegetal, que podem ser denominadas culturas energéticas. Novas variedades desenvolvidas e adaptadas aos diferentes biomas brasileiros têm sido estudadas com resultados bastante promissores.

Sob a ótica dos resíduos agropecuários, por sua condição tropical, nosso país apresenta uma competitividade imensa quando comparado a outras nações (ex., comunidade europeia) e tem se atentado a este potencial, adaptando e desenvolvendo alternativas às condições brasileiras.

Por conseguinte, o aumento da participação de energias renováveis na matriz energética tem como impactos diretos reduzir as emissões e, por ter natureza distribuída, levar energia para regiões mais carentes em energia.

A Embrapa tem como desafio futuro dar continuidade às pesquisas em andamento e ofertar outros tipos de cultivos com os quais os agricultores possam gerar mais renda no campo, possibilitando o uso dessa biomassa como fonte de energia.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório anual 2017**. São Paulo, 2017. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/storage/files/3678c_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web_reduzido.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2017.
- BALANÇO energético nacional – 2016. Brasília, DF: Empresa de Pesquisa Energética, 2016. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/default.aspx?anoColeta=2016>>. Acesso em: 7 fev. 2018.
- BRASIL. Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nos 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 14 jan. 2005. Seção 1, p. 8.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 747, de 25 de julho de 2014. **Diário Oficial da União**, 28 jul. 2014. Seção 1, p. 25. Disponível em: <<https://goo.gl/CwMBp5>>. Acesso em: 23 mar. 2017.
- BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano ABC**: agricultura de baixa emissão de carbono. 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono>>. Acesso em: 20 dez. 2017.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **RenovaBio**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveis-renovaveis/programas/renovabio/principal>>. Acesso em: 23 nov. 2017.
- CARDOSO, A. N.; LAVIOLA, B. G.; SANTOS, G. S.; SOUSA, H. U. de; OLIVEIRA, H. B. de; VERAS, L. C.; CIANNELLA, R.; FAVARO, S. P. Opportunities and challenges for sustainable production of Acrocomia aculeata through agroforestry systems. **Industrial Crops and Products**, v. 107, p. 573-580, 2017. DOI: 10.1016/j.indcrop.2017.04.023.
- CAVICCHIOLI, A. Q.; SCATAMBURLO, T. M.; YAMAZI, F. A.; PIERI, F. A.; NERO, L. A. Occurrence of Salmonella, Listeria monocytogenes, and enterotoxigenic Staphylococcus in goat milk from small and medium-sized farms located in Minas Gerais State. **Brazilian Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 12, p. 8386-8390, 2015. DOI: 10.3168/jds.2015-9733.
- CIPRIANI, J. **Produtores investem na versatilidade da macaúba em Minas Gerais**: palmeira rústica desperta interesse dos mineiros, que saem na frente com projetos de ampliação de cultivo para os mercados de alimentos. 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/ZkVLQw>>. Acesso em: nov. 2017.
- CONAB. **Levantamentos de safra**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2&Pagina_objcmsconteudos=8#A_objcmsconteudos>. Acesso em: 20 dez. 2017.
- EMBRAPA SUÍNOS E AVES. **Central de inteligência em aves e suínos**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias>>. Acesso em: 20 dez. 2017.
- IBGE. **Indicadores IBGE**: estatística da produção pecuária. 2015. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2380/epp_2015_dez.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2017.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório IBÁ 2015**. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/iba_2015.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2017.

KUNZ, A.; MIELE, M.; STEINMETZ, R. L. R. Advanced swine manure treatment and utilization in Brazil. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 22, p. 5485-5489, Nov. 2009. DOI: 10.1016/j.biortech.2008.10.039.

LAVIOLA, B. G. **Nextbio/FINEP**: núcleo de excelência em melhoramento genético e biotecnologia de matérias primas oleaginosas para produção de bioenergia. 2017. Disponível em: <<https://go.gl/3kr32g>>. Acesso em: 7 nov. 2017.

MAO, C.; FENG, Y.; WANG, X.; REN, G. Review on research achievements of biogas from anaerobic digestion. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 45, p. 540-555, May 2015. DOI: 10.1016/j.rser.2015.02.032.

OTHMAN, M. F.; ADAM, A.; NAJAFI, G.; MAMAT, R. Green fuel as alternative fuel for diesel engine: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 80, p. 694-709, Dec. 2017. DOI: 10.1016/j.rser.2017.05.140.

WALTZ, E. CRISPR-edited crops free to enter market, skip regulation. **Nature Biotechnology**, v. 34, n. 6, p. 582, June 2016. DOI: 10.1038/nbt0616-582.

Capítulo 4

Processos de produção de energia

Carlos Reisser Júnior

Itânia Pinheiro Soares

Ricardo Luis Radis Steinmetz

Sílvia Belém Gonçalves

Introdução

As fontes renováveis de energia são aquelas em que sua existência e disponibilidade é contínua. São exemplos dessas fontes a energia solar/fotovoltaica, eólica, geotérmica, das marés e da biomassa. No caso pode-se ter essa energia na forma de energia elétrica, ou na forma de biocombustíveis.

A obtenção de energia eólica se dá pelo emprego de aerogeradores, enquanto a fotovoltaica é obtida pelo emprego de materiais que convertem a energia do fóton em eletricidade; e a conversão da biomassa em energia se dá pelo emprego de processos industriais, nos quais são encadeadas várias operações que vão desde o condicionamento da matéria-prima até a obtenção dos produtos finais.

Neste capítulo serão apresentados vários processos de conversão de biomassa, cultivada ou residual, em energia desenvolvidos pela Embrapa, bem como aplicações de geração de energia fotovoltaica e eólica implementadas pela Embrapa, considerados como contribuições para alcançar a meta 7.1 do ODS 7: Até 2030, assegurar o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis a serviços de energia.

Energia a partir do biogás

O biogás é proveniente da digestão anaeróbia da matéria orgânica, presente na biomassa. É um produto obtido a partir da biodigestão de resíduos agroindustriais, podendo ser utilizado na geração de calor, energia elétrica ou mesmo como combustível veicular.

Dentre os constituintes do biogás, há o metano: gás combustível que pode ser usado para aproveitamento térmico, geração de energia elétrica ou mesmo como combustível para veículos automotores. No uso térmico, o biogás é o principal substituto do gás liquefeito de petróleo, do carvão e da lenha, em especial nas

áreas rurais e pequenas comunidades. Nestes locais, biodigestores de pequena escala, que usam como matéria-prima os dejetos de animais, viabilizam o uso do biogás no preparo dos alimentos, no aquecimento de água para higienização, além de permitir o processamento de alimentos da agricultura familiar e evitar problemas de saúde ocasionados pela aspiração de fumaça/fuligem derivada da queima de carvão ou lenha. No tocante à escala industrial, o aproveitamento de resíduos permite o uso do biogás em caldeiras dentro da própria agroindústria, reduzindo custos de produção (tratamento dos resíduos e substituição por outros combustíveis de maior valor), o que reflete na mitigação do custo de elaboração do produto final.

Além do uso térmico, a geração de energia elétrica a partir do biogás já é realidade no Brasil. Com o advento das resoluções normativas Aneel nº 414/2010, nº 482/2012 e nº 687/2015 (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2012, 2015, 2016), tem sido possível o acesso à microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e ao sistema de compensação de energia. Isso permite converter o biogás em energia elétrica por meio de um grupo gerador conectado à rede de distribuição. Essa possibilidade fortalece a segurança energética em áreas rurais, permitindo maior disponibilidade de energia às regiões longínquas, além de ampliar a competitividade dos processos agroindustriais pela redução de custos com energia elétrica.

Uma alternativa importante consiste na possibilidade de uso do biometano (biogás purificado) em substituição ao gás natural. A recente Resolução nº 08/2015 da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2015) regulamentou o uso do biometano para injeção na rede de gás natural e também seu uso como combustível veicular. Indústrias que vão desde a metalurgia, cerâmica, têxtil, fertilizantes até processamento de alimentos utilizam o gás natural, que é proveniente de fontes externas, causando dependências diretas de outros países. A possibilidade de uso do biometano, apesar de apresentar custos maiores, permite ampliar a autonomia energética desses setores da indústria.

Como fonte de matéria-prima (biomassa) para geração do biogás, destacam-se o setor sucroalcooleiro (vinhaça) e o agropecuário (dejetos de animais). A Embrapa tem colaborado diretamente para a geração de conhecimento e implementação de tecnologias para transformação de biomassa em biogás (Cestonaro et al., 2016; Steinmetz et al., 2016). Os desafios consistem em conhecer a disponibilidade das biomassas no Brasil, em adequar o processo de digestão às condições regionais e socioambientais, além de buscar viabilizar soluções de logística e destinação do digestato (ex., reúso de água, fertilização do solo) (Miele et al., 2015;

Bilotta et al., 2017). Destacam-se ações da [Rede BiogásFert](#), criada em parceria com a Itaipu Binacional, com a finalidade de oferecer para a sociedade soluções tecnológicas para a produção e uso integrados de biogás e biofertilizantes orgânicos e organominerais a partir de dejetos animais nos diferentes sistemas de produção agropecuários. A Rede BiogásFert conta com parceria de diversas universidades, órgãos de extensão rural e centros de inovação como o [CIBiogás](#) (Centro Internacional de Energias Renováveis – Biogás). Outras pesquisas de pequeno porte também estão em andamento na Embrapa, envolvendo diversos tipos de biomassas/resíduos (como [pseudocaule de bananeira](#), [glicerol](#), [casca de coco-verde](#), [bagaço de dendê](#)) (Leitão et al., 2009, 2011, 2012a, 2012b, 2013; Viana et al., 2012a, 2012b; Costa et al., 2014a, 2014b), diferentes tipos de biorreatores, vários métodos de pré-tratamento da biomassa para aumento de eficiência de conversão em biogás (Costa et al., 2013, 2014a, 2014b; Silva et al., 2014), etc. Há vertentes de pesquisa em biodigestão com foco na obtenção de hidrogênio (outro gás combustível) (Viana et al., 2014; Vasconcelos et al., 2016) e compostos como o [butanol](#) e ácidos orgânicos (Guilherme et al., 2016), ou mesmo da conversão do próprio metano em outros produtos, como o hidrogênio ([processo de reforma a vapor](#)).

Energia a partir do biodiesel

Os biocombustíveis têm representado papel importantíssimo na matriz energética do País. A oferta de energia proveniente da biomassa já é quase o dobro da energia proveniente de derivados do petróleo (8,0% da primeira contra 4,8% da segunda) (Balanço..., 2016). No caso do biodiesel, em 2016 foram produzidos 3,8 milhões de metros cúbicos do biocombustível no País (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2017).

Desde a inserção do biodiesel na matriz energética nacional, em 2005, várias pesquisas vêm sendo realizadas, seja na disponibilização de [matérias-primas](#), na eficiência do processo de produção, buscando também catalisadores que possibilitem a menor geração de efluentes, seja na qualidade do produto que se estende desde o armazenamento até o consumidor final.

A Embrapa Agroenergia tem buscado em suas pesquisas aprimorar o controle de qualidade do produto e seu processo de produção, como no [processo de refino de óleo de polpa de macaúba](#) e no [processo de obtenção de óleo bruto de polpa de macaúba com alta qualidade](#), seja por rota química ou [enzimática](#), a partir de matérias-primas de alta acidez, como óleo de palma. Pela rota química, têm-se

investigados, além da transesterificação, os processos de hidrodeoxigenação para dar origem a hidrocarbonetos de cadeia semelhante ao biodiesel.

Trabalhando em parceria com outros centros de pesquisa e agência reguladora no desenvolvimento de métodos para garantia da qualidade do biodiesel, a Embrapa está contribuindo para o acesso confiável à energia. Por sua vez, as pesquisas relacionadas com melhoria dos processos buscam a redução de impactos negativos na produção, em prol da sustentabilidade, além do aumento da eficiência, contribuindo assim para o alcance da meta 7.3.

Etanol de primeira e segunda geração

O bioetanol é comprovadamente um substituto renovável à gasolina proveniente do petróleo. A sua produção mundial no ano 2016 foi de 97 bilhões de litros, sendo que 57% foram produzidos a partir de milho e 27% da cana-de-açúcar, as duas principais matérias-primas para esta commodity (Renewable Fuels Association, 2017). Este bioetanol é comumente conhecido como etanol de primeira geração. No Brasil, a produção de bioetanol dá-se principalmente a partir da cana-de-açúcar, principal matéria-prima na fabricação de açúcar (sacarose). Contudo, ao contrário de que se difunde a respeito da competição de energia versus alimento, boa parte do etanol produzido da cana-de-açúcar utiliza como fonte de carbono, um coproduto, o melaço não cristalizável, do qual não se consegue produzir açúcar cristal e que, portanto, não pode ser comercializado a preços competitivos.

Além do bioetanol produzido a partir de açúcares simples, como a sacarose, hoje o mundo busca tecnologias para a produção desse combustível a partir de materiais lignocelulósicos, o chamado etanol de segunda geração. Há de se destacar que existem algumas plantas industriais em operação no mundo, exemplos são as usinas da DuPont, a espanhola Abengoa e Poet-DSM, instaladas nos Estados Unidos. Contudo, a competitividade econômica desse tipo de etanol ainda deixa um pouco a desejar. A Embrapa vem desenvolvendo pesquisa para a produção de etanol de primeira geração a partir de arroz, sorgo e caldo de cana-de-açúcar (Pacheco et al., 2014; Almeida et al., 2017), e tem atuado também em pesquisas para a produção de etanol de segunda geração, principalmente, a partir de bagaço de cana-de-açúcar. Pesquisas voltadas ao desenvolvimento de novas enzimas, como as seguintes: [Processo de hidrólise de celulose catalisada por celulases imobilizadas](#); [Fungos filamentosos produtores de complexos enzimáticos eficientes para hidrólise de bagaço de cana-de-açúcar pré-tratado por explosão a vapor](#);

[Fungo filamentoso melhorado geneticamente para a produção de celulases e hemicelulases](#); [Fungo filamentoso geneticamente modificado para o aumento de produção de enzimas degradadoras de polissacarídeos](#); [Linhagem de Komagataella phaffii \(Pichia pastoris\) produtora de ácido xilônico](#); [novos microrganismos fermentadores](#); bem como melhorias na eficiência de processo de pré-tratamento dos materiais lignocelulósicos como: [Processo organosolv aplicado à biomassa lignocelulósica](#); [Processo de pré-tratamento de biomassas lignocelulósicas por auto-hidrólise \(tratamento hidrotermal\)](#). Ao passo que contribuímos para a produção de biocombustíveis a preços justos e em maiores quantidades, nos tornamos cada vez menos dependentes do petróleo. Com isso colaboramos para que o País tenha acesso a mais fontes de energia limpas, renováveis e seguras, uma vez que a produção e utilização do bioetanol é uma cadeia cíclica.

Energia solar e eólica

A exploração do solo e da água tem dado sustentação econômica ao meio rural brasileiro. Outros recursos, como a mão de obra que está sendo substituída pela mecanização, têm tornado o nosso país uma potência na área de produção agropecuária. A maior demanda por energia aumenta os custos de produção, o que pode determinar a necessidade de exploração de outros recursos não utilizados da propriedade para a sua viabilização.

A Resolução Normativa nº 482 da Aneel, de 2012 (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2012), criou a possibilidade de que consumidores de energia elétrica conectados na rede possam ser geradores de energia, e essa energia gerada possa ser comercializada em forma de créditos com a distribuidora. Portanto, outras fontes de energia do meio rural, como a hídrica, a biomassa, o vento e a radiação solar, podem ser mais bem e mais facilmente aproveitadas como geração de energia elétrica na propriedade.

A energia solar, que é a principal fonte de energia no meio rural, tanto é capaz de gerar energia térmica assim como energia elétrica diretamente. Dependendo do equipamento, essa fonte inesgotável pode complementar a renda da propriedade rural, que possui as condições necessárias para isso, pois espaço e disponibilidade de radiação solar são abundantes. Os painéis fotovoltaicos, que são os principais equipamentos para transformação da energia solar em energia elétrica, possuem células de materiais semicondutores que, quando iluminados, geram uma diferença de potencial liberando elétrons que ficam disponíveis como energia elétrica. Os

painéis que aproveitam a energia térmica solar são equipamentos que, aquecendo líquidos, como a água, servem de fonte energética para várias utilidades.

A energia eólica, que é a energia cinética das massas de ar em deslocamento, é dependente das diferenças de pressão criadas basicamente pela diferença no balanço de radiação e influenciada pelo movimento da terra e o atrito com a superfície terrestre. É uma fonte inesgotável de energia, proporcional ao quadrado da velocidade do vento. Há bastante tempo já é aproveitada para geração de eletricidade e movimento de água.

Com a evolução das tecnologias e das normas legislativas, a Embrapa vê a possibilidade de aumento na geração de renda da propriedade com o aproveitamento desses recursos na propriedade. Historicamente, a pesquisa agropecuária monitora as variáveis agrometeorológicas para uso em suas pesquisas. Por esse motivo, a Embrapa possui um acervo de dados meteorológicos capaz de avaliar as condições de geração de eletricidade no meio rural. Além desse acervo, possui grande quantidade de pesquisadores e laboratórios especializados em agrometeorologia, bem como uma rede de parcerias em todos os estados do País.

Com as condições necessárias para avaliar o potencial energético no meio rural, a Empresa se vê na condição de avaliar o rendimento dos equipamentos inseridos dentro da propriedade, visando verificar a viabilidade técnica e econômica da tecnologia existente, para recomendar a forma correta de utilização.

Para ser um instrumento de formação de políticas públicas e uma orientadora de uso de técnicas viáveis para a geração de renda na propriedade rural, a Embrapa tem aprovado projetos para esclarecer os produtores sobre uma nova forma de produção. Resultados têm mostrado a viabilidade de uso de técnicas de geração elétrica. Apesar de restrições quanto à quantidade gerada, mudanças podem favorecer o produtor para que essas soluções tenham maior importância, principalmente para o produtor familiar (Figura 1). Também se verificou que, somente nas propriedades com áreas menores do que 50 ha, é possível gerar, com pequenas instalações, duas vezes mais do que a maior termoelétrica existente no estado do Rio Grande do Sul.

Fazendo parcerias com as instituições de ensino e pesquisa, por meio da conjugação de conhecimentos, a Embrapa tem conduzido trabalhos que podem melhorar as condições de vida do produtor rural, como o [irrigador solar automático com garrafas usadas](#) ou o [coletor solar para desinfestação de substratos para produção de mudas sadias](#), tornando a geração de energia elétrica uma fonte de renda e, esta geração, o novo produto agrícola brasileiro.



Foto: Paulo Lanzetta

Figura 1. Unidade de geração de energia elétrica fotovoltaica (Embrapa Clima Temperado).

Considerações finais

A Embrapa atua em busca de novos processos para implementação de tecnologias de geração de energia que possam ser utilizadas pelo meio rurais brasileiro, no caso da energia fotovoltaica, eólica e na produção de biogás. Outra frente se dá pelo desenvolvimento dos processos de obtenção de biogás, biodiesel e etanol de primeira e segunda geração.

O grande desafio que persiste é adaptarmos essas tecnologias e processos à realidade do nosso país, em que muitas vezes esses processos não conseguem ser transferidos pela capacidade de investimento e de entendimentos dos seus limites. Isso obviamente cria oportunidades à Embrapa para auxiliar na criação de mecanismos para transdução desses conceitos a diferentes situações.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010.** Direitos e deveres dos consumidores e distribuidoras. Atualizada até a Resolução Normativa nº 725 de 7 de junho de 2016. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>

documents/656835/14876406/REN_414-Texto_Compacto-725-2016.pdf/3cc31bf8-4833-4d03-95d9-d93e902bef8c>. Acesso em: 20 dez. 2017. 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Resolução normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015**. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (Brasil). **Resolução nº 8, de 30 de janeiro de 2015**. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=02/02/2015&jornal=1&pagina=100&totalArquivos=156>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (Brasil). **Dados estatísticos**. 2017. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/dados-estatisticos>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

ALMEIDA, I. C.; PACHECO, T. F.; MACHADO, F.; GONCALVES, S. B. Optimization of enzymatic hydrolysis process using starch rice as raw material. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE BIOPROCESSOS – SINAFERM, 21.; SIMPÓSIO DE HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DE BIOMASSA – SHEB, 12., 2017, Aracaju, Sergipe. [Anais...]. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Química, 2017.

BALANÇO energético nacional 2016: ano base 2015. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2016. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1143895/2.1+-+BEN+2016+-+Documento+Completo+em+Portugu%C3%AAAs+-+Ingl%C3%AAAs+%28PDF%29/22602d8c-a366-4d16-a15f-f29933e816ff>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

BILLOTA, P.; STEINMETZ, R. L. R.; KUNZ, A.; MORES, R. Swine effluent post-treatment by alkaline control and UV radiation combined for water reuse. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 1247-1254, Jan. 2017. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.10.033.

CESTONARO, A. A.; KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; SCUSSIATO, L. A.; TÁPPARO, D. C.; GASPARETO, T. C. Influence of solid-liquid separation strategy on biogas yield from a stratified swine production system. **Journal of Environmental Management**, v. 168, p. 229-235, Mar. 2016. DOI: 10.1016/j.jenvman.2015.12.014.

COSTA, A. G.; PINHEIRO, F. G. C.; PINHEIRO, G. C.; SANTOS, A. B. dos; SANTAELLA, S. T.; LEITÃO, R. C. Geração de metano a partir de resíduos lignocelulósicos oriundos da produção do biocombustível: revisão. **Revista DAE**, v. 194, p. 36-51, jan./abr. 2014a. DOI: 10.4322/dae.2014.003.

COSTA, A. G.; PINHEIRO, G. C.; PINHEIRO, F. G. C.; SANTOS, A. B. dos; SANTAELLA, S. T.; LEITÃO, R. C. Pretreatment strategies to improve anaerobic biodegradability and methane production potential of the palm oil mesocarp fibre. **Chemical Engineering Journal**, v. 230, p. 158-165, Aug. 2013. DOI: 10.1016/j.cej.2013.06.070.

COSTA, A. G.; PINHEIRO, G. C.; PINHEIRO, F. G. C.; SANTOS, A. B.; SANTAELLA, S.T.; LEITÃO, R. C. The use of thermochemical pretreatments to improve the anaerobic biodegradability and biochemical methane potential of the sugarcane bagasse. **Chemical Engineering Journal**, v. 248, p. 363-372, July 2014b. DOI: 10.1016/j.cej.2014.03.060.

GUILHERME, A. de A.; RABELO, M. C.; PINTO, G. A. S.; LEITÃO, R. C. Produção de butanol a partir de glicose via processo biológico anaeróbio. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2016. 4 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado técnico, 221).

LEITÃO, R. C.; ARAÚJO, A. M.; FREITAS NETO, M. A.; ROSA, M. F.; SANTAELLA, S. T. Anaerobic treatment of coconut husk liquor for biogas production. **Water Science and Technology**, v. 59, n. 9, p. 1841-1846, 2009. DOI: 10.2166/wst.2009.187.

LEITÃO, R. C.; COSTA, A. G.; CASSALES, A. R.; ALEXANDRE, L. C.; PINHEIRO, F. G. C.; PINHEIRO, G. C.; FREITAS, A. V.; SANTAELLA, S. T.; SANTOS, A. B.; ROSA, M. F. **Biodegradabilidade anaeróbia dos resíduos provenientes das cadeias produtivas dos biocombustíveis**: bagaço de cana-de-açúcar. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013. 39 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 80).

LEITÃO, R. C.; COSTA, A. G.; CASSALES, A. R.; ALEXANDRE, L. C.; PINHEIRO, F. G. C.; PINHEIRO, G. C.; FREITAS, A. V.; SANTAELLA, S. T.; SANTOS, A. B.; ROSA, M. F. **Biodegradabilidade anaeróbia dos resíduos provenientes das cadeias produtivas dos biocombustíveis**: bagaço do dendê. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012a. 24 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 72).

LEITÃO, R. C.; FREITAS, A. V.; SOUZA, F. J. de; DANTAS, M. C.; BRÍGIDA, A. I. S.; PINTO, G. A. S.; SANTAELLA, S. T. **Produção de biogás a partir do líquido do pseudocaule da bananeira**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012b. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado técnico, 187).

LEITÃO, R. C.; VIANA, M. B.; PINTO, G. A. S.; FREITAS, A. V.; SANTAELLA, S. T. **Produção de biogás a partir do glicerol oriundo do biodiesel**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 180).

MIELE, M.; SILVA, M. L. B. da; NICOLOSO, R. da S.; CORRÊA, J. C.; HIGARASHI, M. M.; KUNZ, A.; SANDI, A. J. Tratamento dos efluentes de usinas de biogás. **Revista de Política Agrícola**, ano 24, n. 1, p. 31-45, 2015.

PACHECO, T. F.; MENDES, T. D.; GONCALVES, S. B.; PARRELLA R. A. da C.; MACHADO C. M. M. Avaliação da fermentação de caldo de sorgo sacarino empregando leveduras comerciais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA - COBEQ, 20.; ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE O ENSINO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 15., 2014, Florianópolis - SC. [Anais...]. Florianópolis: UFSC, 2014. Não paginado.

RENEWABLE FUELS ASSOCIATION. **Industry statistics**. Disponível em: <<http://www.ethanolrfa.org/resources/industry/statistics/#1454098996479-8715d404-e546>>. Acesso em: 28 nov. 2017.

SILVA, A. P. F. de S.; COSTA, M. C.; LOPES, A. C.; ABDALA-NETO, E. F.; LEITÃO, R. C.; MOTA, C. R.; SANTOS, A. B. dos. Comparison of pretreatment methods for total lipids extraction from mixed microalgae. **Renewable Energy**, v. 63, p. 762-766, Mar. 2014. DOI: 10.1016/j.renene.2013.10.038.

STEINMETZ, R. L. R.; MEZZARI, M. P.; SILVA, M. L. B. da; KUNZ, A.; AMARAL, A. C. do; TÁPPARO, D. C.; SOARES, H. M. Enrichment and acclimation of an anaerobic mesophilic microorganisms inoculum for standardization of BMP assays. **Bioresource Technology**, v. 219, p. 21-28, Nov. 2016. DOI: 10.1016/j.biortech.2016.07.031.

VASCONCELOS, E. A. F.; LEITÃO, R. C.; SANTAELLA, S. T. Factors that affect bacterial ecology in hydrogen-producing anaerobic reactors. **BioEnergy Research**, v. 9, n. 4, p. 1260-1271, Dec. 2016. DOI: 10.1007/s12155-016-9753-z.

VIANA, M. B.; FREITAS, A. V.; LEITÃO, R. C.; PINTO, G. A. S.; SANTAELLA, S. T. Anaerobic digestion of crude glycerol: a review. **Environmental Technology**, v. 1, n. 1, p. 1-12, 2012a. DOI: 10.1080/09593330.2012.692723.

VIANA, M. B.; FREITAS, A. V.; LEITÃO, R. C.; SANTAELLA, S. T. Biodegradability and methane production potential of glycerol generated by biodiesel industry. **Water Science and Technology**, v. 66, p. 2217-2222, 2012b. DOI: 10.2166/wst.2012.455.

VIANA, Q. M.; VIANA, M. B.; VASCONCELOS, E. A. F.; SANTAELLA, S. T.; LEITÃO, R. C. Fermentative H₂ production from residual glycerol: a review. **Biotechnology Letters**, v. 36, n. 7, p. 1381-1390, July 2014. DOI: 10.1007/s10529-014-1507-4.

Capítulo 5

Eficiência energética

Maria Cléa Brito de Figueirêdo

Marília Ieda da Silveira Folegatti Matsuura

Introdução

A eficiência energética é tema central da meta 7.3 do ODS 7: Até 2030, dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética. Dessa forma, tecnologias que consigam reduzir o gasto energético, direta ou indiretamente, para realizar o mesmo objetivo, se enquadram como contribuição ao seu alcance.

A [Avaliação de Ciclo de Vida \(ACV\)](#) é uma das formas utilizadas para avaliar esse ganho em termos de sustentabilidade dos processos, e é um dos temas desenvolvidos pela Embrapa. Exemplos desse tipo de tecnologia em que se reduz o gasto energético desenvolvidos na Empresa são: [Concentração de suco de tangerina por osmose inversa](#); [Concentração de suco de melancia por osmose inversa](#); [Concentração de suco de melão por osmose inversa](#); [Processo para a concentração de antocianinas do suco de açaí por nanofiltração](#); [Concentração de suco de abacaxi por osmose inversa acoplada à evaporação osmótica](#); [Concentração de suco de acerola por osmose inversa acoplada à evaporação osmótica](#); [Processo de micro-filtração do suco de melão](#); [Concentração de suco de uva por osmose inversa](#).

Metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida

A produção de energia renovável e sua disponibilização deve ser implementada de forma eficiente, ou seja, sua aplicação deve gerar maior benefício para uma mesma quantidade de energia utilizada. Para se ter esse tipo de desenvolvimento em um primeiro lugar, é necessário ter formas de avaliar a utilização da energia dentro das diversas cadeias produtivas. Uma ferramenta disponível para esse uso é a ACV, que será o foco do presente capítulo. A ACV é a ferramenta mais indicada em avaliações ambientais de processos e produtos (Baumann; Tillman, 2004).

Os principais impactos relacionados com energia são acidificação, eutrofização, mudanças climáticas e escassez hídrica (Turconi et al., 2013). Embora as metas internacionais e as políticas nacionais tenham um foco nas mudanças climáticas (Empresa de Pesquisa Energética, 2015), existem diversos outros danos ao meio

ambiente causados pelas atividades de produção de energia. Exemplificando: a) o consumo de água na produção termoelétrica, assim como sua evaporação em reservatórios de hidroelétricas, pode acarretar a escassez hídrica; b) as emissões de óxidos de nitrogênio e enxofre liberados por termoelétricas contribuem para acidificação do solo; c) a produção agrícola de espécies com valor energético e a inundação de áreas com cobertura vegetal emitem nutrientes com potencial de causar a eutrofização.

Assim, para melhor compreender e reduzir a ocorrência desses impactos, garantindo produção e consumo de energia limpa no Brasil, é importante o uso de ferramentas de avaliação ambiental para escolha e aperfeiçoamento de processos de produção que consomem energia, aplicadas em empresas consumidoras de energia. Dentre as ferramentas disponíveis, destaca-se a ACV, que dispõe de procedimento normatizado pela ISO 14040 e ISO 14044 (International Organization for Standardization, 2006a, 2006b).

Estudos de ACV quantificam os potenciais impactos ambientais, considerando a cadeia de produção, o consumo e pós-consumo de processos e produtos, estejam em desenvolvimento ou em uso. Esses estudos são relativos a uma unidade produzida, consumida ou descartada de produto, permitindo comparações entre processos e produtos similares, a identificação de pontos críticos nos processos que integram o ciclo de vida de um produto e a avaliação de cenários futuros. De acordo com Lelek et al. (2016), a avaliação de sistemas de energia nacionais utilizando a abordagem da ACV possibilita a identificação dos efeitos ambientais e consequentes pontos críticos do sistema elétrico.

A ACV da produção de energia no Brasil, considerando cenários atuais e futuros para a matriz energética brasileira, foi realizada por Martínez et al. (2015) e Moore et al. (2017). Já a ACV do consumo de energia é dependente do processo usuário, envolvendo diversas cadeias produtivas. Assim, a eficiência e menor impacto ambiental no consumo de energia dependem tanto de escolhas de fontes energéticas como dos processos produtivos empregados.

Estudos de ACV realizados pela Embrapa e seus parceiros estão voltados para garantia da eficiência energética em processos produtivos. Esses estudos vêm apoiando a tomada de decisão na produção agrícola e agroindustrial, na definição de políticas públicas sustentáveis e no processo de inovação tecnológica.

Várias fontes de energia renováveis – como cana-de-açúcar, milho, soja, eucalipto, sebo bovino, resíduos agrícolas e agroindustriais – e seus produtos

derivados – como etanol de primeira e segunda geração, biodiesel, bioquerosene e biometano – vêm sendo analisados no Brasil (Folegatti-Matsuura et al., 2011, 2017; Seabra, 2011; Nogueira et al., 2014; Chagas et al., 2016; Junqueira et al., 2016; Cavalett et al., 2017; Simioni et al., 2017). Esses estudos orientam o setor produtivo na escolha de fontes de biomassa e processos produtivos menos poluentes.

Junto com o governo, alguns estudos desenvolvidos pela Embrapa e seus parceiros estão subsidiando políticas públicas – como é o caso da Política do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), para o financiamento de usinas *flex*, do Programa RenovaBio (Brasil, 2017) e da Força Tarefa para Combustíveis Alternativos da Organização da Aviação Civil Internacional (AFTF/Icao, na sigla em inglês) (Plano..., 2013).

No primeiro desses estudos, o BNDES buscava conhecer o desempenho ambiental da produção integrada de etanol de cana-de-açúcar e milho em usinas *flex* e confirmar se este novo biocombustível atenderia ao padrão de “biocombustível avançado” determinado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, na sigla em inglês). Segundo a EPA, é classificado como “biocombustível avançado” o biocombustível cujas emissões de gases de efeito estufa (GEE) equivalem a no máximo 50% das emissões do combustível fóssil. Em todos os cenários tecnológicos estudados, o balanço energético do etanol foi extremamente favorável (variando de 5,5 a 6,9) e a redução de emissões de GEE foi superior a 65% (em relação às emissões da gasolina). As informações geradas nesses estudos orientaram a política de financiamento do banco para empreendimentos dessa natureza (Milanez et al., 2014).

Outro estudo apoia a nova Política Nacional para Biocombustíveis – RenovaBio (Lei nº 13.576/2017). Nesta iniciativa, por demanda do Ministério de Minas e Energia, a Embrapa coordena o grupo técnico que está elaborando o referencial metodológico e a ferramenta para o cálculo da intensidade de carbono de biocombustíveis (RenovaCalc). A diferença entre a intensidade de carbono do biocombustível e do combustível fóssil equivalente gera uma nota de eficiência energético-ambiental, que dará acesso a créditos de descarbonização (CBio), comercializados em bolsa de valores. Um esquema de certificação também está sendo desenvolvido para apoiar o programa (Brasil, 2017).

O terceiro estudo mencionado anteriormente objetiva definir uma metodologia para cálculo de emissões de GEE do bioquerosene de aviação obtido a partir de diferentes rotas tecnológicas (compreendendo diferentes matérias-primas e processos industriais), incluindo aquelas com potencial para produção no Brasil.

Esse trabalho integra os esforços do Comitê de Proteção Ambiental na Aviação (Caep, na sigla em inglês), da Icao, para redução de emissões de GEE do setor (Plano..., 2013).

No que se refere ao processo de inovação tecnológica, estudos de ACV de bioprodutos e seus processos inovadores de produção vêm sendo realizados com o intuito de melhorar seu desempenho ambiental, incluindo o energético (Figueirêdo et al., 2012; Nascimento et al., 2016a; Freire et al., 2017). Podem ser mencionados produtos resultantes do aproveitamento de resíduos agrícolas e agroindustriais, segundo o modelo de biorrefinaria, como nanopartículas aplicadas a embalagens.

Esses estudos foram conduzidos ao longo do processo de desenvolvimento tecnológico para que ao final do segundo, quando a inovação for ofertada à sociedade, os bioprodutos tenham impacto menor que produtos similares já disponíveis. Como exemplo, têm-se: celulose bacteriana a partir de melaço de soja; colágeno e gelatina a partir de resíduos de tilápia; amido, amido termoplástico, pectina, lignina, fenóis, celulose e nanocelulose a partir de casca e caroço de manga; ácido caproico e lignina a partir do bagaço de cana; emulsões para liberação controlada de fármacos a partir de diversos resíduos; aerogéis e hidrogéis a partir de diversas fibras vegetais (Figueirêdo et al., 2010, 2012; Nascimento et al., 2014, 2016a, 2016b; Freire et al., 2015, 2017).

Considerações finais

A Análise de Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta importante no que se refere à avaliação de ganhos em sustentabilidade, sendo a eficiência energética uma dessas componentes. Esta análise tem recebido atenção e relevância nos últimos anos e tem sido incorporada em várias políticas e programas (públicos ou privados). Um exemplo recente foi sua utilização dentro do Programa RenovaBio, pois será utilizada diretamente no cálculo dos créditos de descarbonização (CBio), em que a metodologia conseguirá diferenciar fábricas ou processos mais eficientes, passíveis de recebimento de maior crédito.

A Embrapa, por sua posição de destaque para as cadeias produtivas do agronegócio, tem um papel importante na indicação de caminhos mais sustentáveis para cada elo da cadeia produtiva. Essa posição de destaque e influência deve ser cultivada cada vez mais, e para isso é necessário que essa ferramenta se mostre cada vez mais robusta e confiável, e que os processos resultantes sejam amplamente divulgados para sociedade.

Referências

- BAUMANN, H.; TILLMAN, A. M. **The hitch hiker's guide to LCA: an orientation in life cycle assessment methodology and application.** [S.l.]: Professional Publishing House, 2004.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **RenovaBio.** Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveis-renovaveis/programas/renovabio/principal>>. Acesso em: 23 nov 2017.
- CAVALETT, O.; CHAGAS, M. F.; JUNQUEIRA, T. L.; WATANABE, M. D. B.; BONOMI, A. Environmental impacts of technology learning curve for cellulosic ethanol in Brazil. **Industrial Crops and Products**, v. 106, p. 31-39, Nov. 2017. DOI: 10.1016/j.indcrop.2016.11.025.
- CHAGAS, M. F.; CVALETT, O.; KLEIN, B. C.; MACIEL FILHO, R.; BONOMI, A. Life cycle assessment of technologies for greenhouse gas emissions reduction in sugarcane biorefineries. **Chemical Engineering Transactions**, v. 50, p. 421-426, 2016. DOI: 10.3303/CET1650071.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano decenal de expansão de energia 2024.** Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Decenal-de-Expansao-de-Energia-2024>>. Acesso em: 24 mar. 2018.
- FIGUEIRÊDO, M. C. B. de; RODRIGUES, G. S.; CALDEIRA-PIRES, A.; ROSA, M. de F.; ARAGÃO, F. A. S. de; VIEIRA, V. de P. P. B.; MOTA, F. S. B. Environmental performance evaluation of agro-industrial innovations – part 1: Ambitec-Life Cycle, a methodological approach for considering life cycle thinking. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 14, p. 1366-1375, Sept. 2010. DOI: 10.1016/j.jclepro.2010.04.012.
- FIGUEIRÊDO, M. C. B. de; ROSA, M. de F.; UGAYA, C. M. L.; SOUZA FILHO, M. de S. M. de; BRAID, A. C. C. da S.; MELO, L. F. L. de. Life cycle assessment of cellulose nanowhiskers. **Journal of Cleaner Production**, v. 35, p. 130-139, Nov. 2012. DOI: 10.1016/j.jclepro.2012.05.033.
- FOLEGATTI-MATSUURA, M. I. S.; DIAS, F. R. T.; PICOLI, J. F.; LUCAS, K. R. G.; CASTRO, C. de; HIRAKURI, M. H. Life-cycle assessment of the soybean-sunflower production system in the Brazilian Cerrado. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 22, n. 4, p. 492-501, Apr. 2017. DOI: 10.1007/s11367-016-1089-6.
- FOLEGATTI-MATSUURA, M. I. S.; SILVA, G. A. da; KULAY, L. A.; LAVIOLA, B. G. Life cycle inventory of physic nut biodiesel: comparison between the manual and mechanized agricultural production systems practiced in Brazil. In: TOWARDS life cycle sustainability management. Dordrecht: Springer, 2011. v. 1, p. 425-436. DOI: 10.1007/978-94-007-1899-9_41.
- FREIRE, A. L. F.; ARAÚJO JÚNIOR, C. P. de; ROSA, M. de F.; ALMEIDA NETO, J. A. de; FIGUEIRÊDO, M. C. B. de. Environmental assessment of bioproducts in development stage: the case of fiberboards made from coconut residues. **Journal of Cleaner Production**, v. 153, p. 230-241, June 2017. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.03.100.
- FREIRE, A. L. F.; FIGUEIRÊDO, M. C. B. de; ROSA, M. de F.; ARAUJO JUNIOR, C. P. Impactos ambientais de painéis de madeira e derivados: uma revisão de literatura. **Espacios**, v. 36, n. 10, p. 1-12, 2015.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14040:** environmental management, life cycle assessment, principles and framework. Geneva, 2006a.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14044:** environmental management, life cycle assessment, requirements and guidelines. Geneva, 2006b.
- JUNQUEIRA, T. L.; CVALETT, O.; BONOMI, A. The virtual sugarcane Biorefinery-A simulation tool to support public policies formulation in bioenergy. **Industrial Biotechnology**, v. 12, n. 1, p. 62-67, Feb. 2016. DOI: 10.1089/ind.2015.0015.

LELEK, L.; KULCZYCKA, J.; LEWANDOWSKA, A.; ZAREBSKA, J. Life cycle assessment of energy generation in Poland. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 21, n. 1, p. 1-14, Jan. 2016. DOI: 10.1007/s11367-015-0979-3.

MARTÍNEZ, S. H.; KOBERLE, A.; ROCHEDO, P.; SCHAEFFER, R.; LUCENA, A.; SZKLO, A.; ASHINA, S.; VAN VUUREN, D. P. Possible energy futures for Brazil and Latin America in conservative and stringent mitigation pathways up to 2050. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 98, p. 186-210, Sept. 2015. DOI: 10.1016/j.techfore.2015.05.006.

MILANEZ, A. Y.; NYKO, D.; VALENTE, M. S.; XAVIER, C. E. O.; KULAY, L. A.; DONKE, A. C. G.; FOLEGATTI-MATSUURA, M. I. S.; RAMOS, N. P.; MORANDI, M. A. B.; BONOMI, A.; CAPITANI, D. H. D.; CHAGAS, M. F.; CAVALETT, O.; GOUVEIA, V. L. R. A produção de etanol pela integração do milho-safrinha às usinas de cana-de-açúcar: avaliação ambiental, econômica e sugestões de política. **Revista do BNDES**, v. 41, p. 147-208, 2014.

MOORE, C. C. S.; REGO, E. E.; KULAY, L. The Brazilian electricity supply for 2030: a projection based on economic, environmental and technical criteria. **Environment and Natural Resources Research**, v. 7, n. 4, p. 17-29, 2017. DOI: 10.5539/enrr.v7n4p17.

NASCIMENTO, D. M. do; ALMEIDA, J. S.; VALE, M. do S.; LEITÃO, R. C.; MUNIZ, C. R.; FIGUEIRÊDO, M. C. B. de; MORAIS, J. P. S.; ROSA, M. de F. A comprehensive approach for obtaining cellulose nanocrystal from coconut fiber. Part I: proposition of technological pathways. **Industrial Crops and Products**, v. 93, p. 66-75, Dec. 2016a. DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.12.078.

NASCIMENTO, D. M. do; DIAS, A. F.; ARAÚJO JUNIOR, C. P. de; ROSA, M. de F.; MORAIS, J. P. S.; FIGUEIRÊDO, M. C. B. de. A comprehensive approach for obtaining cellulose nanocrystal from coconut fiber. Part II: Environmental assessment of technological pathways. **Industrial Crops and Products**, v. 93, p. 58-65, Dec. 2016b. DOI: 10.1016/j.indcrop.2016.02.063.

NASCIMENTO, D. M.; ALMEIDA, J. S.; DIAS, A. F.; FIGUEIRÊDO, M. C. B.; MORAIS, J. P. S.; FEITOSA, J. P. A.; ROSA, M. de F. A novel green approach for the preparation of cellulose nanowhiskers from white coir. **Carbohydrate Polymers**, v. 110, p. 456-463, Sept. 2014. DOI: 10.1016/j.carbpol.2014.04.053.

NOGUEIRA, A. R.; DONKE, A. C. G.; FOLEGATTI-MATSUURA, M. I. S.; MATAI, P. H. L. S.; KULAY, L. Use of environmental and thermodynamic indicators to assess the performance of an integrated process for ethanol production. **Environmental and Natural Resources Research**, v. 4, n. 4, p. 59-74, 2014. DOI: 10.5539/enrr.v4n4p59.

PLANO de ação para a redução das emissões de gases de efeito estufa da aviação civil brasileira. Brasília, DF: Agência Nacional de Aviação Civil, 2013.

SEABRA, J. E. A. Comparative analysis for power generation and ethanol production from sugarcane residual biomass in Brazil. **Energy Policy**, v. 39, n. 1, p. 421-428, Jan. 2011. DOI: 10.1016/j.enpol.2010.10.019.

SIMIONI, F. J.; MOREIRA, J. M. M. Á. P.; FACHINELLO, A. L.; BUSCHINELLI, C. C. de A.; FOLEGATTI-MATSUURA, M. I. da S. Evolução e concentração da produção de lenha e carvão vegetal da silvicultura no Brasil. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, 2017. DOI: 10.5902/1980509827758.

TURCONI, R.; BOLDRIN, A.; ASTRUP, T. Life cycle assessment (LCA) of electricity generation technologies: overview, comparability and limitations. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 28, p. 555-565, Dec. 2013. DOI: 10.1016/j.rser.2013.08.013.

Capítulo 6

ODS 7 como ferramenta para aprimorar o alcance da população aos serviços de energia

Marcelo Henrique Otenio

Renato Carrhá Leitão

Rossano Gambetta

Airton Kunz

Introdução

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) são uma forma eficaz de direcionar os esforços das nações na direção de diminuir as diferenças sociais no Brasil e no mundo e, ao mesmo tempo, buscar formas de contribuir para a sustentabilidade ambiental.

O ODS 7 – Energia Limpa e Acessível: assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todas e todos – e suas três metas: 7.1) Até 2030, assegurar o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis a serviços de energia; 7.2) Até 2030, aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global; e 7.3) Até 2030, dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética – ajudam a direcionar as ações no que diz respeito à relação entre produção de energia e suas fontes frente às diferentes sociedades.

O Brasil, considerando-se suas dimensões continentais e desigualdade social da população, necessita buscar diferentes soluções que melhor atendam às diferentes realidades. A Embrapa, por sua presença em todo território nacional, exerce um protagonismo levando soluções aos problemas encontrados nas diversas regiões do País.

Perspectivas e desafios

Ressalta-se que há a necessidade de aumentar as alternativas e o acesso à energia renovável. Deve-se ampliar e fortalecer políticas públicas federais para reverter esse quadro. A Embrapa vem trabalhando no desenvolvimento de diversas biomassas cultiváveis, não somente para alimentação humana, mas também para uso na produção de energia e combustíveis líquidos. As pesquisas estão

relacionadas a variedades mais produtivas, opções aos cultivos tradicionais e opções para regiões de clima extremo ou de solos degradados, adicionando novas áreas produtivas em todo Brasil.

À medida que o agronegócio no Brasil se desenvolve, há uma maior geração de resíduos no campo e nas cidades. Esses resíduos podem passar por processos de transformação em que se gera energia limpa, tendo como bônus o tratamento e disposição de resíduos que seriam descartados de forma inadequada no meio ambiente, contribuindo para a ocupação de espaço em aterros sanitários.

Outro ponto importante é garantir o acesso à energia, preferencialmente renovável, às populações em regiões de difícil acesso, principalmente na região Norte do País, onde 6,32% das residências não têm acesso à energia (IBGE, 2010). Há uma forte correlação entre disponibilidade e consumo de energia e indicadores sociais importantes, como a expectativa de vida, mortalidade infantil, analfabetismo e taxa de fertilidade, ou seja, levar energia para essas populações sem acesso à energia é fundamental ao seu desenvolvimento. Além disso, o acesso à energia pode permitir que os setores industriais e de serviços se estabeleçam e prosperem, gerando mais renda e emprego localmente.

A Embrapa desenvolve e utiliza ferramentas como a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), contribuindo para avaliar a eficiência energética nos produtos das diversas cadeias produtivas e os pontos-chave em que se pode atuar para obter um maior ganho de eficiência nessas cadeias. O desenvolvimento de processos mais eficientes para aplicação no agronegócio também contribui nessa componente.

Finalmente, a Embrapa, por sua vocação e presença no meio rural, tem contato e conhece as necessidades das diferentes cadeias produtivas em nosso país. Várias tecnologias em desenvolvimento ou difundidas pela Empresa têm contribuído para ajudar a resolver os problemas de acesso à energia.

Os combustíveis fósseis continuam sendo disponibilizados em quantidade e valores baixos o suficiente para que tecnologias já conhecidas não consigam encontrar um lugar no mercado consumidor. Dessa forma, pesquisas para tornar matérias-primas do agronegócio mais baratas e para tornar os processos mais eficientes e mais baratos se fazem necessárias. Com a viabilização dessas tecnologias, será possível disponibilizar energia limpa (quando comparada aos combustíveis fósseis), renovável e distribuída para população.

Referência

IBGE. **Sinopse do censo demográfico 2010**. 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=P13>>. Acesso em: 1 dez. 2017.

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



CGPE 14433