



FGV ENERGIA



AS QUESTÕES CLIMÁTICAS

E os impactos nos negócios de energia.



AS QUESTÕES CLIMÁTICAS

E os impactos nos negócios de energia.



ELABORAÇÃO

Bruno Moreno Rodrigo de Freitas

Coordenação

Carlos Otavio de Vasconcellos Quintella

Coordenação Técnica

Felipe Gonçalves

PRODUÇÃO

Coordenação de Comunicação

Simone Corrêa Lecques de Magalhães

Execução

Raquel Dias de Oliveira

Projeto Gráfico e diagramação

Bruno Masello e Carlos Quintanilha

Índice

04

Reflexões sobre o tema “As questões climáticas e os impactos nos negócios de energia”

Bruno Moreno

09

Influência da Oscilação Madden – Julian no Comportamento da Energia Armazenada nos Reservatórios do SIN

Patricia Diehl Madeira | Camila Ramos | Alexandre Nascimento

16

Mudanças Climáticas e a Geração de Energia Elétrica

José Wanderley Marangon Lima

21

Aquecimento global: o que as empresas de energia podem fazer para combater esse efeito?

Luiz Augusto Figueira

28

Mudanças Climáticas e Seus Impactos nos Recursos Energéticos do Brasil

José Roberto Moreira

36

As Questões Climáticas e os Impactos nos Negócios de Bioenergia: Setor de Biocombustíveis com Ênfase na Cana-de-açúcar

Milas Evangelista

44

Por quê é urgente gerenciar o risco climático?

Raquel R. de Souza

REFLEXÕES SOBRE O TEMA

As questões climáticas e os impactos nos negócios de energia

Bruno Moreno

Engenheiro ambiental pela UFF, mestrando em engenharia civil na área de sistemas computacionais pela COPPE/UFRJ. É pesquisador da FGV Energia com foco em questões relativas ao setor elétrico



QUESTÕES DE TEMPO E CLIMA são importantes para determinar o nosso cotidiano, estilos de vida e atividades de longo prazo. As relações entre a humanidade e a atmosfera apontam para a conclusão que, de diversas maneiras, nossas vidas são afetadas por nossas percepções, entendimento e informação sobre a atmosfera. Por que construímos edificações e reduzimos ou aumentamos sua temperatura interior a fim de alcançar o conforto térmico desejável? Por que temos em nossos guarda-roupas vestimentas que são, na verdade, uma função do estado atmosférico vigente? Devo levar meu casaco e meu guarda-chuva? Todas essas decisões são tomadas por pessoas comuns em suas rotinas.

Os exemplos dados ajudam a mostrar a importância das variáveis climáticas nas vidas das pessoas. No entanto, o grau de impacto pode variar entre saber se poderei ir à praia no próximo final de semana, passando por indagações sobre os riscos de possíveis desastres naturais como enchentes e deslizamentos de terra até questões sobre a vida no planeta considerando o aumento da temperatura média.

O setor de energia também se encontra nesse contexto. O impacto das variáveis climáticas será mais acentuado quanto maior for a dependência da matriz energética de determinado país em relação aos recursos energéticos renováveis como a energia hidráulica, eólica, biomassa e solar. A variabilidade destes recursos altera sua oferta, afetando diretamente o dinamismo

econômico do setor de energia. Como o grau de dependência energética das economias dos países vem aumentando em ritmo acelerado, a matriz energética dos países com alto grau de inserção de recursos energéticos renováveis fica cada vez mais sensível às variações climáticas.

O Brasil é um caso típico de país com alta inserção de recursos renováveis no setor energético. Nosso setor elétrico tem mais de 60% de capacidade instalada proveniente da hidroeletricidade. O nosso modelo atual de precificação da energia elétrica de curto prazo que calcula o famoso Preço de Liquidação das Diferenças – PLD é altamente sensível à disponibilidade hídrica. Uma das formas de reduzir essa sensibilidade seria aumentar a capacidade de armazenamento hidráulico nos nossos reservatórios de regularização. No entanto, a expansão de hidrelétricas de grande porte com extensos reservatórios de regularização será limitada devido aos impactos ambientais causados no local de construção. Dessa forma, teremos o PLD cada vez mais sensível às variações da disponibilidade hídrica.

Por outro lado, estamos cada vez mais inserindo recursos renováveis em nossa matriz elétrica. Hoje chegamos a 11 GW de capacidade eólica que depende das variáveis climáticas como entrada nos modelos de previsão. O mesmo acontece com a energia solar, cuja inserção está sendo iniciada no nosso sistema. A biomassa, no Brasil, se dá majoritariamente a partir do cultivo

da cana-de-açúcar, que requer também o entendimento sobre climatologia para a sua produção.

Já para o setor de geração térmica fóssil, o entendimento de como se comporta o regime de disponibilidade energética das fontes renováveis é primordial. Como exemplo, um gerador termelétrico a gás necessita saber quando o sistema terá escassez ou abundância na disponibilidade dos recursos energéticos renováveis, pois sua estratégia de contratação do combustível depende dessa informação, já que as térmicas são utilizadas como *backup* do Sistema Interligado Nacional e sua probabilidade de despacho varia de acordo com a quantidade de energia proveniente dos recursos energéticos renováveis. De outra forma, o fornecedor de combustível também deve ter mapeado esse risco e transcrevê-lo nos contratos de fornecimento do combustível.

No setor de transportes, também vemos a ligação com as questões climáticas. Hoje, a gasolina comum contém 27% de etanol anidro e o diesel 8% de biodiesel. O etanol e o biodiesel são oriundos da agricultura, geralmente, o que torna seu desenvolvimento dependente de um conjunto ótimo de variáveis climáticas. Se ocorrer algum padrão fora da expectativa em relação ao clima, as lavouras podem sofrer determinados impactos na produtividade, de maneira que, a escassez dos insumos pode alterar substancialmente o preço dos combustíveis renováveis, impactando, em cascata, o preço dos combustíveis fósseis.

Considerando essa contextualização, no dia 19 de abril deste ano, a FGV Energia, centro de estudos de energia da Fundação Getúlio Vargas, organizou o evento “As questões climáticas e os impactos nos negócios de energia”. A motivação do evento veio a partir da pergunta “Dados os riscos e incertezas das questões climáticas, como estão se planejando tomadores de decisão nos setores elétrico e de biocombustíveis?”. Participaram do evento agentes do setor de energia que de alguma forma são impactados pelas variáveis climáticas no desenvolvimento de suas atividades.

O evento iniciou com exposições de caráter mais técnico. A ideia era inserir conceitos para dar base à discussão posterior na Mesa Redonda e fomentar o questionamento por parte dos ouvintes. A primeira exposição girou em torno das limitações que hoje temos para prever a ocorrência de fenômenos climáticos dadas algumas escalas espaço-temporais. De fato, as escalas espaço-temporais atuam em diferentes problemas do setor energético.

Na microescala, com intervalos menores que uma hora e dois quilômetros, temos problemas, por exemplo, relacionados à implantação de parques eólicos. Não é só a velocidade do vento que interfere no *output* energético. É importante ter ciência de como o uso e ocupação do solo de determinado local interage na atmosfera e como isso impacta na qualidade dos ventos no local e na geração de energia.

Nem sempre quando ocorre algum fenômeno podemos associar a uma causa única. Precisamos ainda investir mais nossos recursos no entendimento desses sistemas, pois os impactos podem ser relacionados ao preço da energia, ou até a uma crise de abastecimento.

Na mesoescala, que gira em torno de dias e alguns quilômetros, temos problemas que muitos agentes do setor estão olhando. As famosas frentes frias, as quais o setor elétrico acompanha para operar o sistema hidrotérmico brasileiro se encontram nessa escala. Além disso, a análise da mesoescala é importante para o planejamento energético do país, na previsão de geração de energia, no controle de cheias, nos usos múltiplos da água entre tantas outras questões relacionadas à disponibilidade hídrica.

Na macroescala, escala global ou planetária, outras problemáticas são presentes, como por exemplo, as mudanças climáticas através do aquecimento global antrópico ou devido à variabilidade natural. Há um conceito bem difundido na área de estudos do clima e de importante entendimento do sistema terrestre: o conceito de teleconexões. De modo generalista, tal conceito significa que todos os subsistemas presentes no sistema

terrestre são conectados, de maneira que, uma variação no oceano Índico ou no Atlântico pode afetar, por exemplo, o sudeste do Brasil. O sistema terrestre, dessa forma, é um sistema único composto por diversos subsistemas, interconectado e fluido.

No entanto, devido à alta complexidade e sua não-linearidade, ainda não conhecemos totalmente o sistema terrestre e suas conexões. Estamos falando de um sistema no qual os subsistemas oceano, atmosfera, continente, calotas polares etc. estão em constante relação. Nem sempre quando ocorre algum fenômeno podemos associar a uma causa única. Precisamos ainda investir mais nossos recursos no entendimento desses sistemas, pois os impactos podem ser relacionados ao preço da energia, ou até a uma crise de abastecimento.

Para se entender esses sistemas o ideal é olhar as ocorrências passadas. O problema é que ainda não temos um histórico representativo,

que está por volta de 100 anos de dados de variáveis climáticas. Pode não parecer, mas essa quantidade é bem reduzida quando estamos falando de modelagem climática. Por exemplo, se formos analisar um fenômeno oscilatório de frequência de 40 anos, teremos, somente, duas fases a serem analisadas, uma positiva e outra negativa. Dessa forma, realizar algum estudo estatístico analisando uma oscilação com duas fases de frequência tão baixa, se torna uma tarefa difícil.

Outra questão bastante presente e que dificulta os estudos de tempo e clima no Brasil é o fato de os modelos de previsão serem elaborados em centros de pesquisa estrangeiros, geralmente nos EUA e Europa. Muitos desses modelos respondem bem à dinâmica da parte do globo na qual esses centros se encontram. No entanto, quando

são utilizados aqui, o desempenho dos modelos é reduzido. Para que os modelos possam ser utilizados para a realidade brasileira, os parâmetros dos modelos devem ser recalibrados. Em um segundo momento e num cenário ideal e mais de longo prazo, os modelos poderiam ser realizados aqui mesmo. Todavia, devemos investir mais em pesquisa e desenvolvimento.

Tendo feita essa contextualização e vendo a importância do tema para o setor de energia, a FGV Energia convidou diversos agentes do setor para contribuir com um artigo trazendo sua perspectiva sobre o assunto. A presente publicação visa lançar como tema de pesquisa “As questões climáticas e os impactos nos negócios de energia” como um dos temas de importância do centro de estudos em energia. Desejamos que tenham boa leitura.

INFLUÊNCIA DA OSCILAÇÃO MADDEN Julian no Comportamento da Energia Armazenada nos Reservatórios do SIN

Patricia Diehl Madeira

Meteorologista pela UFRJ e mestre em meteorologia pela USP.

Atua como sócia-diretora de meteorologia da Climatempo Meteorologia

Camila Ramos

Meteorologista pela USP e mestre em meteorologia pela Universidade da Flórida.

Atua como meteorologista da equipe de energia da Climatempo Meteorologia

Alexandre Nascimento

Meteorologista e mestre em meteorologia, ambos pela USP. Atua como

meteorologista sênior da equipe de energia da Climatempo Meteorologia



A Importância do Clima

Os principais reservatórios de captação de energia estão no Sudeste do Brasil, não por acaso. Os ciclos hidrológicos favorecem a ocorrência de precipitação com grande volume durante o período úmido (outubro a março), com o estabelecimento de oferta de umidade do Norte do Brasil, e durante o período seco (abril a setembro), a passagem de frentes frias garante a manutenção dos reservatórios sem profundos deplecionamentos. Mesmo a Bacia do Rio São Francisco é beneficiada por estes processos em sua porção em Minas Gerais. Nas áreas de captação de energia da região Norte a sazonalidade é marcante, com período seco bem definido, mas com um período úmido bastante relevante. No Sul os sistemas são ocasionais e em princípio há potencial de chuva durante todo o ano.

Entendendo a Relação dos Reservatórios com os Índices Climáticos

Os últimos anos de flutuações tão preocupantes em relação à chuva acumulada - principalmente durante o período úmido - fez com que as empresas procurassem entender melhor os padrões globais de circulação de ventos que afetam a distribuição da chuva sobre o Brasil. É amplo, por exemplo, o número de trabalhos que mostram a relação entre o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) e a alteração nos padrões de circulação da atmosfera. Para analisar não apenas a importância e influência

do Oceano Pacífico, analisamos a relação entre diversos índices climáticos e o armazenamento nos reservatórios entre 1996 e 2016. Embora para análises de clima vinte anos representem um período curto, é possível chegar a algumas conclusões.

Começamos a análise com os índices mais conhecidos, que estão relacionados com a região do Pacífico, como Niño 3.4 e Niño 1+2, que analisam a anomalia de temperatura do mar na região do Pacífico Tropical, e também o índice de Oscilação Decadal do Pacífico (PDO), que analisa a temperatura do mar na região do Pacífico Norte e mostra oscilações com maior periodicidade. Alguns índices sobre o Pacífico são definidos pela resposta atmosférica, como a diferença de pressão entre as regiões de Tahiti e Darwin, apresentadas no Índice de Oscilação Sul (SOI). Existem alguns índices que combinam diversos indicadores oceânicos como o TRANS Niño, enquanto outros combinam as respostas de oceano e atmosfera, como por exemplo, os índices de ENSO Multivariável (MEI) e BEST.

Na região do Atlântico, a maior parte dos índices é determinada pela temperatura do mar, como os de oscilação multidecadal do Atlântico (AMO), Atlântico Tropical Sul (TSA) e Atlântico Tropical Norte (TNA), mas alguns deles, como a Oscilação do Atlântico Norte (NAO), consideram diferenças de pressão na atmosfera sobre a região do Atlântico. A descrição mais detalhada destes índices está no Anexo deste documento.

Analisando-se individualmente os submercados de energia, observa-se que a precipitação da região Norte está diretamente relacionada à influência do Pacífico Tropical, enquanto a precipitação nos submercados do Nordeste, Sudeste e Sul apresenta importante correlação com as variações no Oceano Atlântico.

Especialmente na região Sudeste, onde os maiores volumes de chuva são observados durante o verão, as oscilações de temperatura no Oceano Atlântico são determinantes para o avanço e posicionamento de sistemas frontais, que ajudam a organizar o corredor de umidade sobre a Região.

FIGURA 1 Correlação do armazenamento nos submercados com diversos índices climáticos



Na região Nordeste o comportamento da energia natural afluyente (ENA) está relacionado à AMO (Oscilação Multidecadal do Atlântico), que está diretamente ligada ao comportamento do dipolo do Atlântico, impactando o padrão

de chuva do centro-norte brasileiro. Desta forma, pode-se observar qualitativamente que a AMO positiva durante um longo período (minimamente um ano) acarreta ENA abaixo de 100%.

Importância das Oscilações Intrazonais

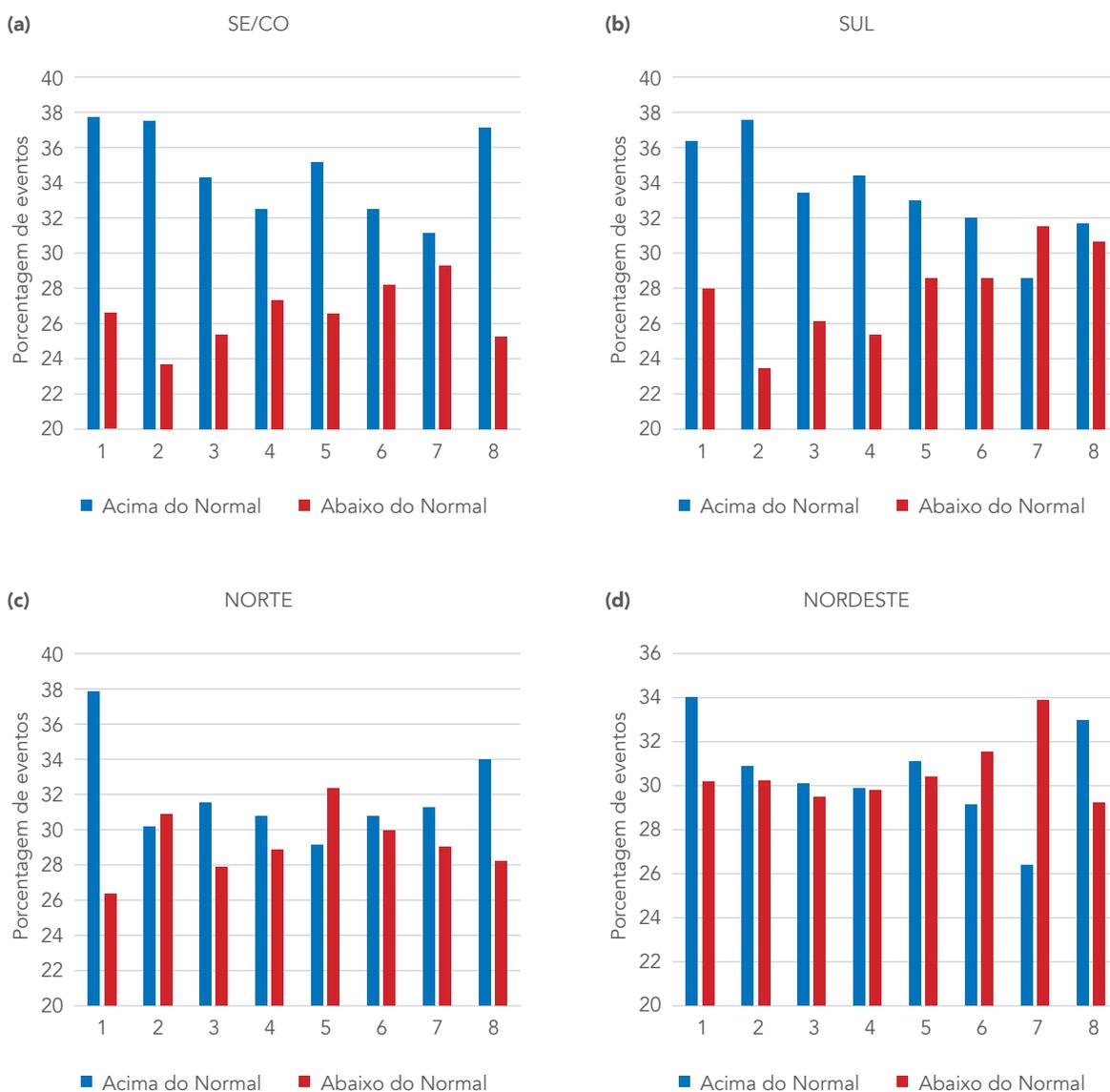
Diversos autores também demonstram a importância de oscilações de menor período, como as oscilações de 30-60 dias. A oscilação de Madden-Julian (MJO) - uma onda na atmosfera tropical que se desloca para leste – tem notável influência nos sistemas precipitantes sobre o Brasil e conseqüente reflexo no nível dos reservatórios de geração de energia. A maior influência dessa oscilação é encontrada na região tropical, entre o oeste do Oceano Índico e do Oceano Pacífico, sendo que esta área é dividida em oito regiões, de oeste para leste, conhecidas como as fases da MJO. A presença da MJO em cada uma destas fases pode potencializar ou dificultar o desenvolvimento dos sistemas meteorológicos.

Entre 1996 e 2016, analisamos os casos em que a amplitude da MJO era relevante (acima de 1,0) e o comportamento dos reservatórios. Alguns trabalhos apontam para a forte influência da MJO ao longo de todo ano, e por isso foram analisados todos os meses.

Observamos assim que o subsistema Sudeste/Centro-Oeste têm mais eventos de chuva acima do normal quando a MJO se encontra nas fases 8, 1 e 2. Nestes casos, observa-se o aumento do nível dos reservatórios da Região. Na região Sul, a chuva tende a ser favorecida nas fases 1 e 2. Na região Norte esta influência é mais evidente na fase 1, sendo que a fase 5 aparenta dificultar a ocorrência de chuvas. E, por final, na região Nordeste, vemos maiores volumes nos reservatórios quando a MJO se encontra nas fases 8 e 1.

A oscilação de Madden-Julian (MJO)
– uma onda na atmosfera tropical que se desloca para leste –
tem notável influência nos sistemas precipitantes sobre o
Brasil e conseqüente reflexo no nível dos reservatórios
de geração de energia.

FIGURA 2 Porcentagem de eventos com armazenamento acima do normal (barra azul) e abaixo do normal (vermelho) para cada uma das 8 fases da Oscilação Madden Julian para os submercados Sudeste/Centro-Oeste (a), Sul (b), Norte (c) e Nordeste (d).



Considerações Finais

A influência da oscilação intrasazonal MJO é tão marcante nos sistemas precipitantes que podemos observar seu sinal no armazenamento dos reservatórios. Apesar de não ser por si só causadora ou inibidora de chuva, a oscilação de Madden-Julian consegue alterar o padrão e a intensidade das precipitações sobre os submercados do SIN. Em janeiro de 2016, no auge de um dos El Niños mais fortes já registrados, o padrão de chuvas sobre o País

ficou completamente diferente do registrado nos demais meses desta estação chuvosa. Ao longo deste mês, uma MJO contribuiu construtivamente para ampliar a chuva no Pacífico central, mas diminuiu a área inibidora de chuva sobre o Brasil, com isso, as chuvas diminuíram no Sul e aumentaram bastante sobre os submercados Sudeste e Nordeste. A análise de índices climáticos pode indicar uma estação chuvosa além ou aquém do normal, mas as variações dentro da estação são moduladas portanto pelas oscilações de 30-60 dias.

A influência da oscilação intrasazonal MJO é tão marcante nos sistemas precipitantes que podemos observar seu sinal no armazenamento dos reservatórios. Apesar de não ser por si só causadora ou inibidora de chuva, a oscilação de Madden-Julian consegue alterar o padrão e a intensidade das precipitações sobre os submercados do SIN.

Anexo – Explicação sobre os índices

Niño 3.4: Anomalia da temperatura da superfície do mar entre 5°S-5°N e 120°W-170°W

Niño 1+2: Anomalia da temperatura da superfície do mar entre 0°S-10°S e 90°W-80°W

PDO: Pacific Decadal Oscillation é uma oscilação da temperatura do mar na região do Pacífico Norte que tem periodicidade longa, da ordem de décadas.

SOI: Southern Oscillation Index é o desvio da pressão entre o Tahiti e Darwin

TRANS NINO: O índice Trans Niño utiliza as áreas do Niño 1+2 e do Niño 4

MEI: Multivariate ENSO Index leva diversas variáveis meteorológicas sobre o Pacífico. Usa-se pressão ao nível do mar, ventos meridional e zonal, temperatura do mar, temperatura do ar e fração de nuvens.

BEST (Niño e SOI): Combinação dos índices SOI e Niño 3.4

AMO: Atlantic Multidecadal Oscillation é calculado a partir das temperaturas no Atlântico norte (entre 0°N-70°N)

TSA: Tropical Southern Atlantic Index é a anomalia com relação à normal da temperatura do mar na região entre 0-20°S e 10°E-30°W.

TNA: Tropical Northern Atlantic Index é a anomalia com relação à normal da temperatura do mar na região entre 5,5°N-23,5°N e 15°W-57,5°W.

NAO: North Atlantic Oscillation Index representa a diferença de pressão entre a alta subtropical (Açores) e a baixa subpolar (Islândia).

MUDANÇAS CLIMÁTICAS e a Geração de Energia Elétrica

José Wanderley Marangon Lima

Formado em engenharia elétrica pelo IME e em administração de empresas pela UFRJ, mestre em engenharia elétrica pela EFEI, doutor em engenharia elétrica pela COPPE/UFRJ e pós-doutor em pesquisa operacional pela University of Texas at Austin. Atua como professor e pesquisador do Instituto de Engenharia Elétrica da UNIFEI.



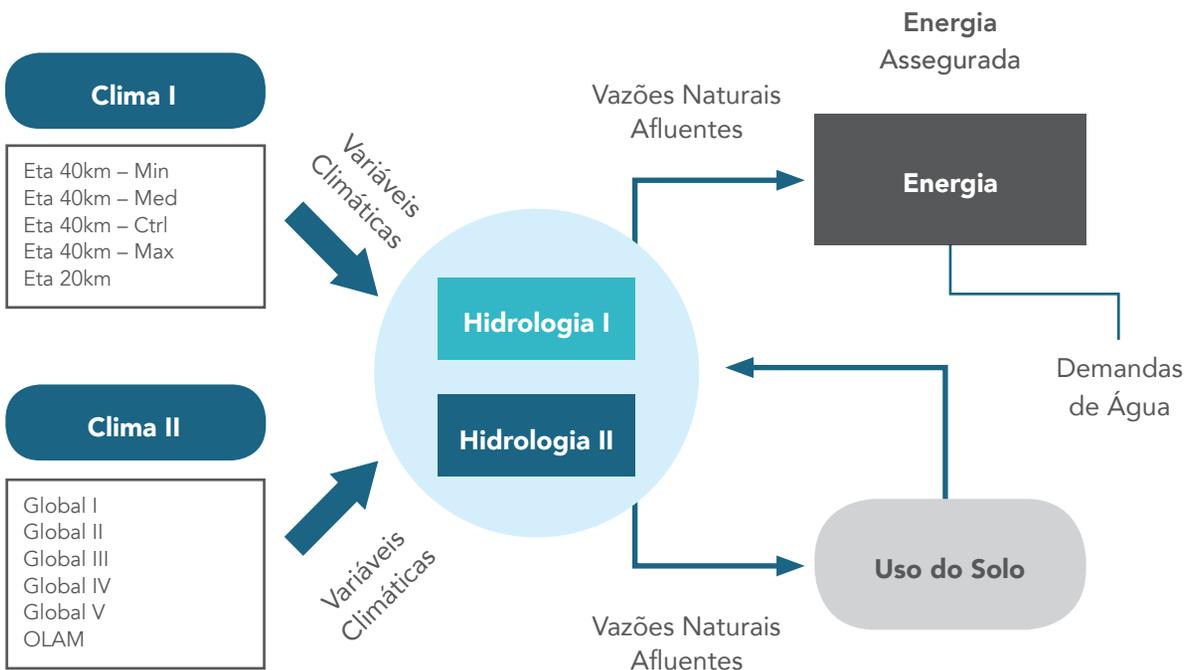
APESAR DE HAVER questionamentos quanto à ação do homem na origem do efeito estufa, existe uma consciência mundial de que a revolução industrial e o mundo moderno provocaram e provocam um aumento na emissão de CO₂. O setor elétrico é apontado como um dos maiores emissores destes gases face ao uso de combustíveis fósseis na geração de energia. Através de acordos e tratados multilaterais, diversos países têm colocado metas de diminuição da emissão destes gases optando por uma mudança na matriz energética. Uma das soluções para minimizar o efeito estufa tem sido aumentar a participação de fontes renováveis na geração de energia elétrica. A geração hidrelétrica, a geração eólica, a geração solar e a biomassa, são as alternativas que mais têm sido adotadas face à viabilidade econômica dos empreendimentos. No entanto, a localização destas centrais e a dimensão de sua capacidade depende das próprias variáveis climáticas. As usinas hidrelétricas dependem da existência do potencial hidrológico como as quedas e vazão das águas nos rios. As usinas eólicas dependem da existência de ventos suficientes e com certa

regularidade. As usinas solares que podem ser termo ou fotovoltaicas dependem de uma irradiação considerável.

Apesar destas usinas sustentáveis contribuírem para diminuir a emissão dos gases do efeito estufa, o processo de aquecimento já é irreversível e com isso, as suas fontes primárias sofrem alterações na intensidade e na frequência. Em 2008, a ANEEL preocupada com os efeitos das mudanças climáticas na geração de energia elétrica, lança um tema de P&D estratégico para avaliar inicialmente os impactos destas mudanças na geração hidrelétrica em função da sua importância na matriz energética brasileira. Este trabalho iniciou em 2011 e foi concluído em 2014. Com a participação de três universidades (UFSC, UNIFEI e UFRS), três empresas de consultoria (IX Consultoria, MC&E e Thymos Energia), o INPE e sob a gestão da AES Tietê e a supervisão da APINE, o trabalho abordou de forma detalhada toda a sequência de procedimentos para o cálculo da energia assegurada (garantia física) considerando as mudanças climáticas [Ref]. A figura 1 ilustra as principais fases do trabalho.

Uma das soluções para minimizar o efeito estufa tem sido aumentar a participação de fontes renováveis na geração de energia elétrica.

FIGURA 1 Estrutura do Projeto



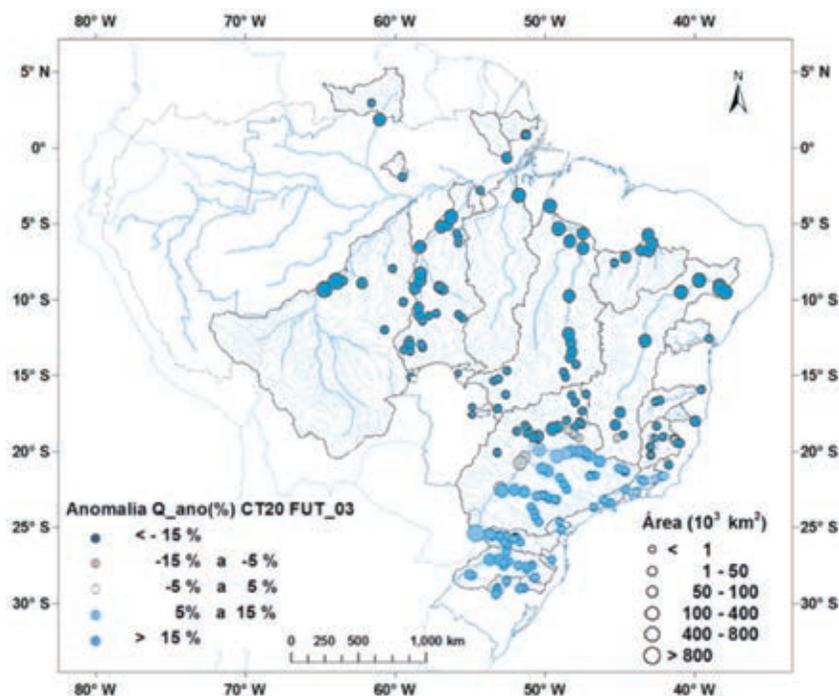
Na primeira fase relativa ao Clima, os modelos globais do IPCC foram utilizados para identificar o comportamento futuro das variáveis climáticas. O modelo regional Eta40 aninhado ao modelo global do Hadley Centre foi o que conseguia maior aderência com as condições climáticas atuais da América do Sul e acabou sendo considerado a referência básica do estudo. Perturbações sob o modelo global foram usadas para criação de cenários climáticos associados a diversos aumentos de temperatura do planeta. O horizonte do estudo foi de 100 anos e foram criados períodos futuros de 30 anos (2011 a 2040, 2041 a 2070 e 2071 a 2100) para alimentar o modelo chuva-vazão.

A partir dos dados de precipitação oriundos dos modelos globais, foram obtidas na segunda fase relativa à Hidrologia as afluições às principais usinas do Sistema Interligado Nacional a partir do modelo físico chuva-vazão MGB do IPH (UFRS). Este modelo foi calibrado para todas as bacias incorporando mudanças no uso do solo para cenários de crescimento econômico que apresentam impactos na agricultura principalmente na região amazônica. Mudanças nos usos consuntivos também foram consideradas guardando as relações com os cenários econômicos. A Figura 2 apresenta a variação de afluência às principais usinas do SIN incorporando apenas o efeito do clima para o período de 2071 a 2100. O modelo

mostrado foi o ETA20 cujo resultado se mostrou similar ao ETA40. De uma forma geral, pode-se concluir que há uma diminuição nas vazões na região Norte e um aumento na região Sul. Na região Sudeste, que faz parte da região de convergência do Atlântico Sul existe uma certa

incerteza quanto ao futuro das vazões. Este trabalho, utilizou os resultados dos modelos globais do IPCC 2007, mas avaliações recentes mostram que a tendência se mantém quando se atualiza as projeções com os modelos do IPCC 2014 (Miroc e HadGen).

FIGURA 2 Resultados da Hidrologia para ETA20



A partir dos cenários de aflúências, foi possível montar “séries históricas” de 30 anos denominadas de Futuro 1 (2011-2040), Futuro 2 (2041-2070) e Futuro 3 (2071-2100). Essas séries alimentaram o programa Newave para gerar as séries de ENAs na terceira fase do

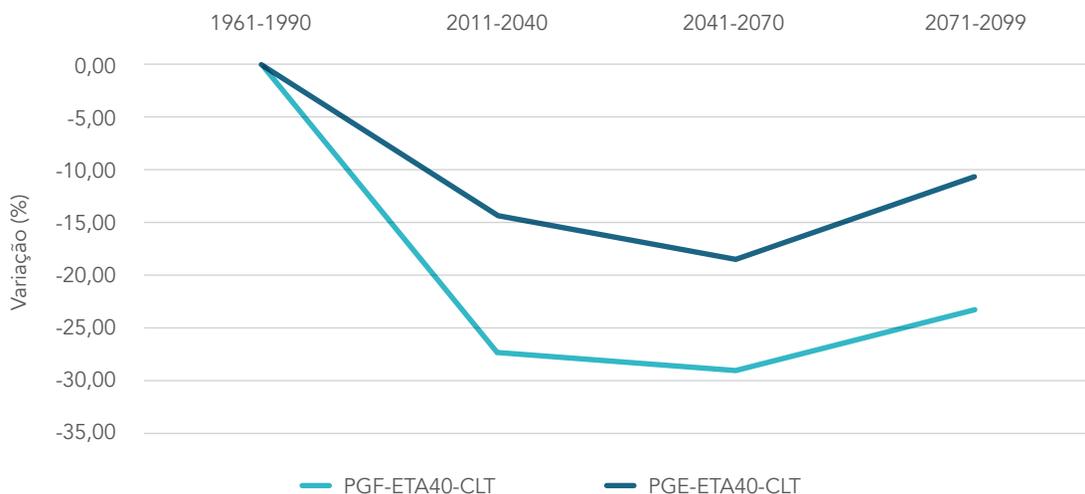
trabalho. A Figura 3 apresenta os resultados da variação da energia assegurada ou carga crítica comparada com o período de 1961 a 1990 considerado como período base no trabalho. Os resultados representam uma média dos cenários climáticos e foram obtidos

com o modelo ETA40. Interessante notar que a queda na energia assegurada é maior para o parque gerador futuro (PGF) em relação ao parque gerador existente (PGE). O PGE considerado foi o parque de 2012 enquanto que o PGF foi o previsto no PNE de 2030. Observando a diferença entre os dois parques pode-se destacar o incremento de geração na região Norte como as usinas do Madeira, as usinas do Tapajós e Belo Monte. Dado que há uma tendência de diminuição da precipitação na região Norte e Nordeste, a não consideração desta dinâmica na definição

da expansão do parque gerador pode levar a “erros” desagradáveis no futuro.

Uma das questões atuais se refere ao efeito no presente das variações climáticas. No próprio trabalho, foram feitos testes estatísticos com as séries históricas de aflúncias e de precipitações nas bacias e observou-se que as tendências apresentadas nos modelos climáticos já começaram a se manifestar. Alguns exemplos marcantes é o GSF e o fato de nestes dois últimos anos não ter ocorrido vertimento em Tucuruí.

FIGURA 3 Variação da Carga Crítica ETA40-CLT - PGF e PGE



Referências

Marangon Lima, J. W.; Colischonn, Walter ; Marengo, J A . Efeitos das Mudanças Climáticas na Geração de Energia Elétrica, 1a ed. São Paulo: Hunter Books Editora, 2014. v. 1. 357 p

AQUECIMENTO GLOBAL: o que as empresas de energia podem fazer para combater esse efeito?

Luiz Augusto Figueira

Formado em Matemática pela UFRJ, possui Mestrado em administração e especialização em Estratégia. Atua como Superintendente de Estratégia, Gestão Empresarial e Sustentabilidade da Eletrobras."

Maria Luiza Milazzo

Engenheira (PUC/RJ) e economista (UCAM/RJ), com MBA Executivo pela COPPEAD/UFRJ, atua na área de Meio Ambiente da Eletrobras desde 1989, é especialista no tema Mudanças Climáticas e coordenadora do Inventário de Gases de Efeito Estufa das empresas Eletrobras desde sua primeira edição, em 2009. Participa do FBMC e de diversos grupos de trabalho sobre o tema Mudanças Climáticas. Também coordena o desenvolvimento de sistemas computacionais de informação com foco em indicadores socioambientais.

Paulo Cesar Fernandez

Graduado em Engenharia Elétrica – Ênfase Sistemas Elétricos de Potência – pela Escola de Engenharia da UFRJ, 1981. Pós-graduação em Sistemas Elétricos de Potência pela UNIFEI- Itajubá, 1995. MBA em Macro-Economia, Políticas Públicas e de Governo pela EPPG/UCAM (Escola de Políticas Públicas e de Governo – Universidade Cândido Mendes), 2004-2005. Engenheiro de FURNAS desde 1981, tendo atuado em Estudos Elétricos de Sistemas de Potência, comissionamento/testes de equipamentos do sistema de transmissão, operação em tempo real, Planejamento Estratégico e Assessoria Técnica da Presidência. Cedido por 7 anos para a Eletrobras holding, tendo trabalhado para o Plano de Transformação do Sistema Eletrobras (PTSE), e nas áreas de 'Relações Internacionais Estratégicas' e de 'Sustentabilidade'.



O FENÔMENO das mudanças climáticas no planeta, também conhecido como “aquecimento global” (*global warming*), ocorre pelo aumento da temperatura média com base em medições em todo o globo num dado período, que deve ser significativo e suficientemente longo para a análise do fenômeno. O consenso científico — hoje amplamente aceito não obstante algumas polêmicas e controvérsias no meio acadêmico — é o de que o aumento das emissões de gases “de efeito estufa” na atmosfera (o CO₂ em particular) está fazendo com que o calor proveniente dos raios solares fique cada vez mais preso na atmosfera da Terra. Esse fenômeno impacta sistemas climáticos globais, causando desde chuvas inesperadas e muito intensas a ondas de calor extremas.

A Terra já passou muitas vezes por períodos de aquecimento e refrigeração, e consequentes alterações climáticas associadas. O que tem preocupado muitos cientistas é que o processo de aquecimento está acontecendo num ritmo muito mais acelerado, e que o rápido aquecimento (verificado no aumento da temperatura média do planeta) é causado pelo aumento dos níveis de emissões de gases de efeito estufa criadas pelo homem (chamadas de “emissões antrópicas”). O mundo já está em média quase um grau Celsius mais quente do que ocorria antes do período industrial. Pode não parecer muito, mas esse fato pode ter consequências devastadoras para o planeta e para as condições de vida de milhões de pessoas, animais e vegetação ao redor do globo.

O entendimento científico amplo sobre o fenômeno adverte que precisamos, com ações conjuntas e em âmbito global, limitar esse aumento da temperatura média a um máximo de dois graus (em relação ao nível de 1990) até 2100, nível base considerado nas negociações internacionais sobre alterações climáticas.

Embora existam causas naturais que contribuam para as alterações climáticas, há evidências de que os processos industriais da humanidade estão por trás da recente e rápida aceleração do aquecimento global. As necessidades de uma população crescente levaram ao desmatamento, ao aumento acelerado da queima de combustíveis fósseis e à agricultura intensiva. Todas essas atividades liberam maiores quantidades de gases do efeito estufa em nossa atmosfera — principalmente o dióxido de carbono, óxido nitroso e metano. Com isso, os gases de efeito estufa aprisionam mais o calor do sol na atmosfera do planeta, impedindo que parte dele seja refletida na terra e retorne ao espaço, algo que acontecia com maior intensidade anteriormente. Isso provoca o aquecimento da Terra, ou “efeito estufa”. O aumento da emissão desses gases intensifica, portanto, esse fenômeno de aquecimento na atmosfera terrestre, já que, em apenas 200 anos da chamada “era industrial”, a concentração de dióxido de carbono em nossa atmosfera aumentou em cerca de 30%.



Diagrama esquemático explicativo da dinâmica térmica dos raios solares na atmosfera do planeta Terra (do website <https://futuromelhor.unilever.com.br>)

Por ser uma questão global, o problema une a todos na busca por caminhos e soluções que permitam à civilização humana continuar a prosperar em sua trajetória futura, de forma sustentável, e sem trazer malefícios para o planeta, como consequência das atividades humanas (antrópicas).

Os países apresentam diferentes responsabilidades históricas pelo fenômeno do acúmulo de gases de efeito estufa na atmosfera, segundo os volumes de suas emissões antrópicas. Isso contribui para a definição, hoje, das denominadas “responsabilidades comuns porém diferenciadas”, que norteiam, por um lado, as obrigações de países desenvolvidos e, por outro, de países em desenvolvimento no âmbito da Convenção-Quadro das Nações

Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC ou UNFCCC na sigla em inglês). Esse conceito foi firmemente consagrado no entendimento dos países membros da ONU no documento referência que resultou da famosa COP21, realizada em Paris em dezembro de 2015.

A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) oficializou o compromisso voluntário do Brasil junto à CQNUMC, de redução de emissões de gases de efeito estufa, sendo essa política instituída pela Lei n.º 12.187/2009.

No que diz respeito à área de energia, durante a Rio+20 o Brasil assinou seis compromissos com a iniciativa denominada “energia sustentável para todos”. Dentre eles, é importante destacar o compromisso de manter a política de alta

participação de fontes limpas e renováveis para a produção de energia. Após a atribuição de tais responsabilidades durante a conferência Rio+20, os compromissos do Brasil foram aprofundados, em termos de uso de energia renovável e metas de eficiência energética. Na ocasião, foi aprovado pelos delegados participantes um documento oficial final intitulado “O Futuro que Queremos”.

Reconhecendo o extraordinário sucesso dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) para promover ações de desenvolvimento humano e combate à pobreza no período entre os anos 2000 e 2015, os países membros da ONU na Rio+20 concordaram com a necessidade de se estabelecerem, em sequência aos ODM, os denominados

“Objetivos de Desenvolvimento Sustentável” (ODS). Trata-se de “ações estruturadas, orientadas com forte interdependência, concisas e de fácil compreensão”, devendo ser também de natureza global e universalmente aplicáveis a todos os países. Esses conceitos ficaram estampados no slogan “Não deixar ninguém para trás”, adotado pela ONU para divulgar os ODS, que, por sua vez, foram estruturados em 17 metas a serem alcançadas pelos seus signatários agora no período entre 2015 e 2030, visando eliminar a pobreza no mundo, propiciar condições de vida dignas, e criar oportunidades equânimes para todos, considerando sempre os limites do planeta e sua sustentabilidade, social, ambiental e economicamente falando, conforme o resumo ilustrativo dos ODS.



Posteriormente, e em sequência a esses grandes marcos para ações multilaterais contra os efeitos adversos das mudanças climáticas e do desenvolvimento sustentável, temos o ápice do processo com a COP21, realizada em Paris em dezembro de 2015.

A COP21 empreende um esforço conjunto e permanente das partes envolvidas na UNFCCC, buscando alcançar um novo acordo internacional sobre o clima, aplicável a todos os países, com o objetivo de limitar o aquecimento global abaixo dos 2° C em relação aos níveis pré-industriais. Na COP21, foi adotado, por consenso, um novo acordo global, com metas não vinculantes a sanções associadas ao não cumprimento destas, e atualizadas a cada cinco anos pelas partes (países signatários). Esse grande acordo multilateral busca combater os efeitos das mudanças climáticas, bem como reduzir as emissões de gases de efeito estufa, preservando e reforçando os ODS. O documento, chamado de "Acordo de Paris", foi ratificado pelas 195 partes da UNFCCC e pela União Europeia. No Brasil, o Congresso Nacional aprovou o Acordo de Paris em 16 de agosto de 2016, pelo Decreto Legislativo n.º 140. Em 21 de setembro de 2016, o governo brasileiro ratificou junto à ONU os termos do Acordo de Paris, que passou a entrar efetivamente em vigor no Brasil, para o plano jurídico externo, em 4 de novembro de 2016. Foi finalmente regulamentado no território nacional pelo Decreto n.º 9.073, de 5 de junho de 2017. Um dos objetivos principais desse

acordo é manter o aquecimento global "muito abaixo de 2° C", buscando ainda "esforços conjuntos dos seus signatários para limitar o aumento da temperatura a 1,5° C acima dos níveis pré-industriais".

Não resta dúvida de que eliminar o desmatamento terá um enorme impacto positivo na luta contra as mudanças climáticas. Medidas semelhantes estão sendo pensadas, consensadas e implementadas, já que vem se ampliando o entendimento de que as florestas em pé são também um negócio lucrativo e sustentável, considerando o esforço para mitigação do aquecimento global dentro dos limites estabelecidos no acordo climático oriundo da COP21. Entretanto, o foco deste artigo se prende fundamentalmente aos desafios, potencialidades e ações do setor elétrico, no Brasil e em âmbito mundial, quanto à questão de combate ao aquecimento global.

Na visão da Eletrobras, uma das formas de contribuir com esses objetivos é aumentar consistentemente a participação da eletricidade na matriz energética e maximizar o envolvimento de fontes renováveis na matriz de energia elétrica, mantendo assim a baixa intensidade das emissões de carbono equivalente. Cabe destacar que a denominada "Declaração de Compromisso sobre Mudanças Climáticas" da Eletrobras, publicada em maio de 2012, reforça a inclusão da questão das alterações climáticas tanto na sua estratégia como nas suas diretrizes empresariais.

Nesse sentido, é necessário mencionar que em 2016 a Eletrobras atingiu a capacidade instalada total de geração de cerca de 47 GW, dos quais 93,6% provêm de fontes de energia limpas, com muito baixa emissão de gases de efeito estufa e poluentes no ar. Essa capacidade de geração da Eletrobras representa 31% da capacidade instalada total do Brasil, sendo proveniente de 233 usinas, incluindo as Sociedades de Propósito Específico (SPE), distribuídas em 47 hidrelétricas, 114 térmicas, 69 eólicas, 1 solar e 2 usinas nucleares.

Com o fim de demonstrar o pleno empenho e os esforços da companhia em consonância com os termos do acordo climático aprovado no COP21, a Eletrobras, em conjunto com outras empresas de energia elétrica (utilities) relevantes em todo o mundo, atuou em uma organização internacional para a cooperação técnica entre empresas, denominada "Global Sustainable Electricity Partnership — GSEP" (www.globalelectricity.org). Entre outras atividades empreendidas por essa organização, a Eletrobras participou na elaboração de um relatório de apoio às discussões promovidas na COP21, que conduziram ao acordo final do clima.

Propondo uma cooperação eficaz e prática, o documento do GSEP para a COP21 aborda a vontade dos agentes e a viabilidade de se fazer a transição nos sistemas de energia para um menor

consumo de carbono, nacional e globalmente falando, por meio de circunstâncias individuais de cada empresa ou de especificidades das áreas/regiões onde estas têm negócios. Há quatro recomendações estruturantes que foram encaminhadas para os negociadores da COP21:

- (i) a eletricidade deve ser um dos eixos da resposta aos desafios impostos pelas mudanças climáticas;
- (ii) a eletricidade de baixo carbono representa o vetor mais efetivo de todos os sistemas de energia para alcançar as metas definidas no Acordo do Clima;
- (iii) a eletricidade disponibilizada globalmente deve ser proveniente de fontes limpas (com muito baixa emissão de carbono), ser segura, continuamente confiável e economicamente acessível a todos, sendo que sistemas de potência globalmente interconectados deverão dar o necessário suporte à integração, aos sistemas de geração, transmissão e distribuição, de fontes renováveis descentralizadas, juntamente com as fontes tradicionalmente interconectadas; e
- (iv) a inovação tecnológica e a busca permanente por uma maior eficiência energética devem ser uma ambição a ser perseguida.

Vale destacar que as quatro recomendações foram incorporadas nos termos finais do Acordo de Paris, assinado por 195 países em dezembro de 2015.



Eletrobras

Energia para novos tempos

Energia Solar | Hermínio Nunes



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS IMPACTOS

nos Recursos Energéticos do Brasil

José Roberto Moreira

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela USP, especialista em física nuclear pela Universidade de Saskatchewan, do Canadá e doutorado em Física pela USP. É professor colaborador da USP e membro do IPCC da ONU.



Introdução

A ocorrência de Mudanças Climáticas (MC) significativa trará impactos sobre alguns recursos energéticos no Brasil e no mundo. Por outro lado, o esforço necessário para minimizar a amplitude das mudanças climáticas também terá consequências na quantidade e tipo de recursos energéticos que deverão ser usados pela sociedade, no Brasil e no mundo (IPCC, 2007; IPCC 2014).

Portanto há forte inter-relação entre MC e prospecção e uso de recursos energéticos. Como exemplo disso pode ser citada a variação regional no índice pluviométrico, que determina a disponibilidade de recursos hídricos para produzir eletricidade (IPCC 2014). Por outro lado, considerando que a hidroeletricidade é em muitos casos uma fonte de baixa emissão de gases de efeito estufa (GEE), é natural que seu uso seja incentivado, em substituição as fontes fósseis, que são compostas por carbono retirado do subsolo e queimado. Ou seja, para prevenir as mudanças climáticas devemos incrementar o uso da hidroeletricidade, mas se a mitigação não ocorrer na intensidade ideal, esta reduzirá, em algumas regiões, a disponibilidade hídrica, limitando seu uso. Trata-se, pois, de um problema sujeito a realimentação negativa, mostrando quão sério é o problema que a MC apresenta a sociedade.

Evidências e Intensidade das MC

Há muitas evidências de que o clima está mudando. Essas evidências exigem dados obtidos por longos períodos de tempo, pois o clima está sujeito a mudanças frequentes, denominadas variabilidades climáticas, ou seja, àquelas que ocorrem de um ano para outro, ou mesmo ao longo de alguns anos. No caso do Brasil, particularmente no setor hídrico, há observações sobre vazão de rios por quase 100 anos e é possível observar déficits acentuados de vazão por períodos seguidos de 3 anos (ONS, 2017). Com a necessidade de separar uma tendência de longo prazo, devido as MC, das perturbações de curto prazo, chamadas de variabilidade, usa-se a variação da temperatura média do planeta, ao longo de quase 2 séculos de medição mais precisa, como uma das evidências. Outra evidência muito usada é a elevação do nível do mar, também é medida com precisão por mais de um século. Obviamente, a última evidência está correlacionada com a primeira, pois a água se expande com o aumento da temperatura e seu volume, também, aumenta com o derretimento de gelo causado por temperatura crescente. Uma terceira evidência, também muito usada, é o incremento da concentração de GEE na atmosfera e que está sendo monitorado diretamente desde 1950 e indiretamente, através do ar aprisionado

em geleiras desde milhares de anos. Esta evidência pode ser entendida como a origem das duas evidências anteriores, pois sabe-se que estes gases têm a capacidade de bloquear as radiações térmicas da Terra, que ocorrem de forma a contrabalançar a incidência do calor recebido pelos raios solares. A redução na radiação térmica do planeta, implica em seu aquecimento.

Um exame da literatura mostra o aumento continuado da presença de CO₂ e CH₄ na atmosfera e, conseqüentemente, um aumento de 0,9 °C na temperatura média da Terra entre 1850 e 2010 e um aumento no nível médio dos oceanos de 20 cm, no período 1900 a 2010 (IPCC, 2014). Portanto, há provas de que um fenômeno de longo prazo está ocorrendo no nosso planeta, e para muitos pesquisadores isso deve continuar a ocorrer, caso não alteremos a quantidade de GEE despejados na atmosfera, por razão dos nossos hábitos de vida. Há, entretanto, uma minoria da sociedade que enxerga

as mudanças acima descritas como uma componente da variabilidade climática que ocorre com longo prazo de duração. Porém, como medida de precaução, não podemos ficar inertes, aguardando por séculos o término da eventual variabilidade de longo prazo, pois no ritmo que está ocorrendo, causará impactos sérios a sociedade, infringindo perdas econômicas, de saúde e mesmo de desaparecimento da vida humana (IPCC, 2007a). Portanto, mudanças na forma de uso de recursos energéticos estão sendo propostos e já aplicados. As emissões de GEE não são consequência apenas do uso da energia, mas também de mudanças no uso do solo, porém este último fator com uma participação de 15% contra 85% decorrente das fontes energéticas (IEA, 2016). Mudanças no uso do solo compreendem a derrubada de florestas, o manuseio do solo para culturas agrícolas e mesmo para obtenção de energia da biomassa. Algumas dessas ações podem ser minimizadas e já há esforço, a nível mundial, para conte-las.

Um exame da literatura mostra o aumento continuado da presença de CO₂ e CH₄ na atmosfera e, conseqüentemente, um aumento de 0,9 °C na temperatura média da Terra entre 1850 e 2010 e um aumento no nível médio dos oceanos de 20 cm, no período 1900 a 2010

Qual Será o Futuro do Planeta no Curto Prazo?

Baseado nas evidências de aumento na concentração de GEE na atmosfera e conhecendo a relação entre a quantidade emitida e a que permanece na atmosfera, é possível fazer previsões sobre o valor do aquecimento da Terra em função da quantidade de GEE emitida. Como discutimos, essas emissões dependem da quantidade de energia que a sociedade demandará no futuro e do tipo de recurso energético a ser usado. A quantidade pode ser reduzida, através de esforços de uso mais eficiente da energia, como por exemplo a escolha de televisores a LED, em lugar de televisores a plasma, também disponíveis no mercado moderno de televisores. O tipo de recurso tem importância porque para fornecer a mesma energia há fontes primárias que liberam muito CO₂ e outras pouco ou quase nada de CO₂. Como vilão, temos o carvão e como bom exemplo algumas fontes ditas renováveis, porque tem um limite anual de disponibilidade, mas podem ser usadas todos os anos sem limitação temporal. Essa última afirmação, depende das MC, como já discutimos acima.

Um enorme esforço científico foi feito tentando correlacionar a temperatura da Terra nos próximos 80 anos, em função das mudanças nos hábitos das pessoas e considerando os progressos tecnológicos associados à produção e uso da energia e as práticas de manuseio do solo (IPCC, 2014). Como resultado há centenas

de cálculos que diferem ligeiramente entre si, pois os parâmetros que medem os hábitos da sociedade dependem de fatores complexos, como por exemplo a intensidade de cooperação entre os países. Além disso, a intensidade de evolução tecnológica pode ocorrer com maior ou menor força. Porém, quase todos os estudos mostram que se pretendemos garantir com segurança uma elevação da temperatura do planeta de apenas 2 °C, em relação à temperatura do período pré-industrial, faz-se necessário reduzir intensamente as emissões de GEE para praticamente zero em 2100, passando por um máximo entre 2020 e 2025. Considerando que na última reunião mundial de MC, em Paris, se recomendou um aquecimento inferior a 1,5°C, podemos dizer que precisaremos ter emissões negativas por volta de 2100. Emissões negativas implicam na remoção de GEE da atmosfera (IPCC, 2011).

Examinando o resultado dessas avaliações para prazos mais curtos, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2014) publicou dados para 2050, mostrando que as fontes de energia de baixo carbono, que hoje representam 15% do total, devem representar por volta de 60%. No caso de combustíveis líquidos, estas fontes, que hoje respondem por menos de 5%, deverão atender por volta de 30% da demanda. De forma a verificar se há, no mundo, fontes de baixo carbono disponíveis na quantidade necessária, o IPCC mostra que o potencial técnico das energias geotérmica, dos oceanos, do vento e da biomassa superam

a demanda atual de eletricidade e de calor, e, portanto, estão disponíveis para uso futuro em grande quantidade (IPCC, 2014).

O Problema das Emissões Negativas de GEE

Apesar de haver disponibilidade técnica de uso de fontes de energia de baixo carbono, a capacidade de a sociedade executar as mudanças de consumo rapidamente (lembra-se que o pico de emissão deve ocorrer em 2020/25), associado a necessidade de emissões líquidas negativas de GEE em 2100, ou até umas décadas antes, tem despertado a atenção de cientistas para o desenvolvimento de tecnologias capazes de proporcionar redução na concentração de GEE na atmosfera. Uma das tecnologias é muito óbvia e seria a remoção do CO₂ do ar através de resfriamento, separando-o do oxigênio e nitrogênio, e seu subsequente armazenamento. Entretanto, essa tecnologia requer grande quantidade de energia, que deveria ser gerada por fontes de baixo carbono, e é totalmente inviável economicamente (Smith et al, 2015).

Como a maior parte dos estudos científicos que visam examinar alternativas para manter a temperatura do planeta abaixo de 2 °C requer a prática de emissões negativas (por exemplo, o IPCC verificou que há vários estudos prevendo emissões negativas da ordem de 3 GtCO₂/ano já em 2030, ou 5% das emissões mundiais previstas para 2020) o assunto é fonte de intensa investigação (IPCC, 2014).

Por outro lado, em resposta aos acordos globais limitando as emissões de GEE, há um conjunto de promessas de inúmeros países referente a esforços para mitigar as emissões de GEE, mas nenhum deles discute as emissões negativas. As propostas já compromissadas, são ainda insuficientes para garantir os compromissos já assumidos, referentes ao aquecimento global (Kitous et al, 2016).

Dessa forma, há muita expectativa de que ao aumentar a quantidade compromissada de redução das emissões, os países comecem a incluir tecnologias de emissão negativa. Nestas potenciais tecnologias de emissões negativas está inclusa a captura e armazenagem do CO₂, que começou sendo proposta para ocorrer em usinas térmicas a carvão e gás natural, mas que só podem obter resultados negativos se for aplicada a usinas térmicas abastecidas por biomassa. A tecnologia de captura e armazenagem de CO₂, gerado por biomassa, recebeu o nome de BECCS (Biomass Energy Carbon Capture and Storage) e hoje está presente como a opção mais interessante para se obter emissões negativas. Isso ocorre, porque as emissões de GEE associadas a combustão de biomassa têm valores baixos, porque o CO₂ emitido é absorvido pela biomassa que está crescendo, e, portanto, dentro de um manejo sustentável de cultura de biomassa, essas emissões são nulas. Entretanto, há emissões de outros gases de GEE na combustão e emissões de GEE associadas com a produção da biomassa e sua conversão em energia, de forma que as emissões totais de GEE não são nulas, mas são pequenas comparadas com o carvão.

A Importância da Cana de Açúcar

Um recurso energético de baixo carbono já usado em grande quantidade no Brasil é a cana de açúcar. Da cana se produz anualmente, cerca de 30 bilhões de litros de etanol, um excelente combustível líquido que substitui de forma economicamente viável a gasolina, e a bioeletricidade que substitui aproximadamente 20 TWh de geração térmica à carvão e a gás natural (BEN, 2016), além de dar sustentabilidade as fontes de baixo carbono de grande intermitência como o vento e a energia solar. Os energéticos da cana, ao deslocarem gasolina e gás natural evitam as emissões dessas fontes de alta intensidade de carbono, mitigando as emissões de GEE a nível mundial. Como há emissão líquida de GEE na produção de etanol, evita-se apenas parcialmente as emissões da gasolina. Entretanto, como o bagaço da cana é um resíduo e não necessita de processamento para ser queimado em caldeira gerando vapor e por consequência eletricidade, quando se desloca, por exemplo, o gás natural, reduz-se suas emissões, sem agregar emissões da combustão do bagaço, exceto uma pequena contribuição de CH_4 e N_2O . Assim, o conjunto etanol e bioeletricidade desloca grande quantidade de emissões da gasolina e gás natural, enquanto acrescenta uma baixa quantidade de GEE (EPA, 2010).

Acrescentando o BECCS, durante a operação de uma usina de etanol, vamos reduzir ainda

mais as emissões de GEE associadas ao complexo etanol/bioeletricidade, a ponto de obtermos um resultado líquido negativo. Ou, em outras palavras, estamos removendo CO_2 da atmosfera, ao mesmo tempo que produzimos o combustível líquido etanol e a bioeletricidade. Isso é um resultado fantástico porque, em vez de gastar energia para separar o CO_2 do ar, estamos produzindo energia e removendo o CO_2 da atmosfera.

Essa técnica exige que o CO_2 seja armazenado em algum lugar, e os reservatórios de água salina são muito apropriados para o Brasil, visto que há disponibilidade dos mesmos na região de produção de cana do sudeste e centro-oeste do país.

A técnica de BECCS pode ser intensiva ou modesta em demanda energética. Obtém-se excelente resultado energético aplicando-a para o CO_2 gerado pela fermentação do caldo da cana ao ser processado para etanol. Nesse caso, a fermentação gera 1 kg de CO_2 por kg de etanol produzido e esse etanol está totalmente limpo e separado de impurezas (Moreira et al, 2014). Dessa forma, basta coletá-lo na saída gasosa do fermentador, transportá-lo para um poço aberto na região do aquífero salino e comprimi-lo para estocá-lo junto à água. Outra técnica de BECCS implica na coleta do CO_2 gerado pela combustão do bagaço e presente na chaminé da caldeira da usina de cana. Nessa condição produz-se ao redor de 6 kgCO_2 por kg de etanol, mas é preciso usar muito mais

energia térmica no processo de captura do CO₂ (Mollersten et al., 2003).

A experiência comercial mostra que o CO₂ da fermentação é muito mais interessante que o da combustão, por razões de complexidade técnica e econômica. Nos Estados Unidos já há uma unidade comercial em operação (ADM, 2017). Apesar da quantidade de CO₂ capturado ser pequena em comparação com aquela da combustão, é possível mostrar que se obtém emissões líquidas de GEE agregando o BECCS da fermentação ao complexo produtivo etanol/bioeletricidade.

Conclusão

Como vimos, há necessidade de os países aumentarem seus esforços para cumprir as metas de aquecimento global assumidas. O Brasil tem que seguir esse procedimento e assim identificar novas oportunidades de mitigação.

O BECCS aplicado na indústria do etanol, via captura do CO₂ da fermentação, é uma das grandes oportunidades. Ela é pouco complexa tecnicamente e requer baixo investimento. Esse investimento pode ser recuperado caso uma campanha de valorização dos resultados seja conduzida internacionalmente. Hoje há países importando o etanol brasileiro porque ele mitiga por volta de 60% das emissões da gasolina. Quando se inclui a bioeletricidade a mitigação chega a mais de 90% (EPA, 2010). Ao adicionar o BECCS, a mitigação ultrapassa 100%. Ou seja, o Brasil pode ser o primeiro país a oferecer ao mundo um energético de carbono negativo, ou seja, quanto mais se produz, mais se reduz a concentração de GEE na atmosfera.

Esperamos que, além de outras medidas de mitigação da MC, o Brasil e o mundo não desperdicem essa fantástica oportunidade baseada na cana de açúcar.

Referências

ADM, 2017. ADM Begins Operations for Second Carbon Capture and Storage Project, http://www.adm.com/news/_layouts/PressReleaseDetail.aspx?ID=799, visto em maio 2017

BEN, 2016. Balanço Energético Nacional, Ministério de Minas e Energia

EPA, 2010. Renewable Fuel Standard Program (RFS2), Environment Protection Agency

IEA, 2016. *CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2016*, International Energy Agency

IPCC, 2007. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC, 2007a. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (eds), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC, 2011. *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*, Ottmar Edenhofer, Ramón Pichs-Madruga, Youba Sokona, Kristin Seyboth, Patrick Matschoss, Susanne Kadner, Timm Zwickel, Patrick Eickemeier, Gerrit Hansen, Steffen Schloemer, Christoph von Stechow (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1075 pp., Cambridge University Press, The Edinburgh Building Shaftesbury Road, Cambridge CB2 2RU ENGLAND

IPCC, 2014. *Climate Change 2014 - Mitigation of Climate Change, Working Group III, Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Edenhofer et al., (eds), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Kitous, A., Keramidas, K., Vandyck, T., Saveyn, B. (2016). *GECO 2016. Global Energy and Climate Outlook. Road from Paris*. EUR 27952 EN. doi:10.2791/662470

Mollersten, K. J. Yan, J. R. Moreira, 2002. Potential market niches for biomass energy with CO₂ capture and storage—Opportunities for energy supply with negative CO₂ emissions, *Biomass and Bioenergy* 25(3):273-285 · September 2003

Moreira. J. R., S. A. Pacca, V. Parente, 2014. The future of oil and bioethanol in Brazil, *Energy Policy*, Volume 65, Pages 7-15 (February 2014)

ONS, 2017. *Série histórica de vazões*, Operador Nacional do Sistema Elétrico, www.ons.org.br/operacao/vazoes_naturais.aspx, visto em maio 2017

Smith, P, et al, 2015. Biophysical and economic limits to negative CO₂ emissions, *Nature Climate Change* 6(1) · December 2015

AS QUESTÕES CLIMÁTICAS E OS IMPACTOS NOS NEGÓCIOS DE BIOCOMBUSTÍVEIS

Milas Evangelista

Geólogo pela USP e mestre em Environmental Analysis and Dynamics pela University of Hull, do Reino Unido. É consultor da FGV Energia, trabalhando em estudos e projetos de energia, com foco principal em biocombustíveis.



Espécies vegetais e o clima

Para entender a importância do clima para a agricultura, podemos fazer um paralelo entre o que ocorre com os ecossistemas naturais e a agricultura.

Espécies animais e vegetais dependem diretamente das condições edafoclimáticas para sua sobrevivência, sendo o clima um fator determinante para a distribuição das espécies vegetais sobre a superfície terrestre. A temperatura e os níveis de precipitação afetam a fotossíntese, a transpiração, o crescimento e a reprodução dos vegetais (Gates, 1993). Desta forma, os diferentes biomas (florestas tropicais, cerrado, coníferas, p.ex.) são distribuídos de acordo com as temperaturas e precipitações médias anuais. Portanto, existe um "ótimo" climático para cada espécie, que vai definir a abrangência territorial que ela ocupará na superfície terrestre.

Da mesma forma, a localização das áreas de produção agrícola vai depender da combinação dos aspectos climáticos ideais com a presença de solos mais aptos para o desenvolvimento de uma dada espécie. Isso explica a concentração de certas áreas de produção agrícola, como é o caso do cinturão do milho nos EUA, da cana-de-açúcar em São Paulo, e da soja no Centro-Oeste e no Sul do Brasil.

Eventos climáticos cíclicos de curto prazo, como as estações do ano, alteram as condições climáticas, afetando ou mesmo

definindo o desenvolvimento e o ciclo anual das espécies vegetais. Mas há eventos cíclicos de mais longo prazo, como o El Niño/La Niña, que não ocorrem todos os anos e que alteram as condições normais do clima, mudando aquelas condições sazonais preestabelecidas e a forma como as plantas se desenvolvem. Eles podem, por exemplo, produzir secas mais severas ou aumento da pluviosidade, mas sem produzir mudanças permanentes que possam levar à disrupção ampla daquele "ótimo" e, conseqüentemente, não irão causar a extinção das espécies ou afetar sua distribuição sobre o Planeta, alterando apenas sua produtividade naquele período de ocorrência.

Por outro lado, eventos climáticos de maior duração, ou de longo prazo, irão alterar as condições climáticas de uma forma mais profunda e promoverão a extinção ou o deslocamento das espécies vegetais de forma mais definitiva, pois aquele "ótimo" deixou de existir naquelas regiões anteriormente ocupadas, passando a ocorrer em outras áreas, definindo, então, uma nova abrangência de localização geográfica.

O estudo das associações de plantas e animais ou ecossistemas no presente e no passado (paleoecologia), associado ao estudo das mudanças climáticas ao longo do tempo (paleoclimatologia) pode indicar o tipo de resposta que as espécies produzirão em função das mudanças climáticas de longo prazo. Assim, quando houver uma tendência de aquecimento, as espécies vegetais tenderão a migrar para o

Sul no hemisfério Sul (ou Norte no hemisfério Norte) e também para áreas de maior altitude. Estudos indicam que um aumento de 3,0 °C na temperatura média implicará no deslocamento vertical de 500 metros e de 250 Km em latitude (Peters, 1992).

Contexto brasileiro dos biocombustíveis

A bioenergia representou 27,6% da matriz energética brasileira em 2014, sendo 15,75% oriundos do setor sucroenergético (bagaço 10,9% e etanol 4,9%) e aproximadamente 1% do biodiesel. Os biocombustíveis representaram 17,6% da matriz energética brasileira no setor de transportes, contra apenas 3,6% nos países da OCDE (EPE, 2016).

O etanol produzido no Brasil é quase que totalmente oriundo da cana-de-açúcar, que, portanto, representa a cultura agrícola mais relevante para o setor de biocombustíveis brasileiro. Como a cana-de-açúcar é perecível e precisa ser moída em até 24 horas após sua colheita, as usinas de cana precisam sempre estar próximas dos canaviais, ocasionando uma interdependência que torna o negócio da produção de açúcar, etanol e energia indissociável da produção agrícola, que representa 70% dos custos de produção.

A produção de biodiesel por sua vez, tem no Brasil a soja como principal matéria prima (mais que 70%), contudo, como a soja é uma *commodity* internacional, os efeitos climáticos

incidirão mais nas condições de preço do que diretamente na disponibilidade da matéria prima para a produção.

Efeitos das variações do clima na produção de biocombustíveis

As variações climáticas sazonais são determinantes para a definição de eventos importantes no ciclo de desenvolvimento vegetal, como por exemplo o florescimento das plantas, a germinação das sementes, seu crescimento e maturação.

Cana

A cana-de-açúcar precisa de três fatores para se desenvolver: radiação solar, temperatura e água. De uma maneira geral, a cana precisa de verões chuvosos para crescer e formar massa vegetal e de invernos secos e frios para que ocorra o estresse vegetal que levará a planta a concentrar açúcar. Em termos de temperatura, o crescimento da cana se dá entre 25°C e 35°C, praticamente cessando além deste range de temperaturas (Marin, 2017). O Estado de São Paulo apresenta as condições ideais para a produção da cana-de-açúcar, por isso tem cerca de 60% dos quase 10 milhões de hectares de cana plantados no Brasil.

A produtividade, que é medida em ton/ha, terá seu máximo quando as condições edafoclimáticas forem ideais, porém será afetada quando ocorrerem verões mais secos ou invernos chuvosos, tudo é uma questão de como as chuvas se distribuem ao longo

do ano. Outro indicador relevante para o setor sucroenergético é aquele que mede a concentração de açúcar na cana colhida, expressado como Açúcar Total Recuperável (ATR) e medido em Kg/ton. O ATR vai variar principalmente em relação à ocorrência de chuvas no inverno. Invernos secos produzem maior ATR, ao passo que invernos chuvosos impedirão a maior concentração de açúcar pela planta, gerando menores valores de ATR. Além das variações de precipitação, a ocorrência de determinadas condições climáticas no inverno faz com que as plantas floresçam, levando também a uma perda de produtividade. Outro fator impactante é a ocorrência de geadas, que pode ocasionar a perda total das plantas atingidas, especialmente se estiverem em fase inicial de crescimento.

A ocorrência do El Niño tem produzido maiores precipitações no segundo semestre dos anos em que ele ocorre, o que tem prejudicado a concentração de açúcares (ATR) e também dificultado as operações de colheita, impedindo que partes dos canaviais sejam colhidas, levando à indesejável ocorrência da chamada cana bisada e perdas de produtividade.

Quanto às mudanças climáticas de longo prazo, como aquelas previstas em função do aquecimento global, não se sabe ao certo o impacto que poderá haver sobre os canaviais, mas de uma forma geral, pode-se esperar a expansão de terras aptas para o cultivo da cana em direção ao Sul, em função das projeções de aumento de temperatura média naquela região,

ao passo que não se prevê condições climáticas extremas a ponto de inviabilizar a produção nas áreas atualmente produtoras como a Zona da Mata do litoral nordestino e a região Centro-Sul (EMBRAPA; UNICAMP, 2008). Espera-se ainda um impacto positivo do aumento da concentração de CO₂ e do consequente aumento da taxa de fotossíntese, que poderá ser prejudicado pelo mesmo efeito benéfico que o aquecimento global causará para as pragas e doenças que afetam a produtividade dos canaviais (Marin & Nassif, 2013).

Soja

Da mesma forma que a cana-de-açúcar, a produção de soja, que é uma cultura anual, vai ser impactada pelas condições climáticas. Para seu crescimento, a soja precisa que a precipitação seja maior do que 50% da evapotranspiração e que não ocorra déficit hídrico. Assim, a ocorrência de seca na época do crescimento poderá levar não só à perda de produtividade por cada indivíduo, mas também à perda de indivíduos, impactando mais fortemente a produção. A seca também impede a penetração adequada dos herbicidas, reduzindo sua eficácia. Por outro lado, a ocorrência de chuvas em excesso pode “lavar” os herbicidas, que precisarão ser reaplicados, e pode causar também problemas para as operações agrícolas, reduzindo a mobilidade dos equipamentos e prejudicando as atividades de plantio, tratos culturais e colheita, afetando assim todo o trabalho de planejamento das operações e, conseqüentemente, impactando a produtividade e os custos agrícolas.

Novas variedades têm sido desenvolvidas para que a cana suporte melhor as variações climáticas. Estima-se que exista um potencial latente de aumento da produtividade apenas com a adequação das variedades às condições edafoclimáticas de produção.

A soja se adapta melhor a temperaturas entre 20°C e 30°C, sendo 30°C a temperatura ideal para seu crescimento e desenvolvimento. O crescimento é interrompido a temperaturas inferiores a 10°C ou superiores a 40°C. Temperaturas muito elevadas podem antecipar o período de floração e maturação, acarretando em diminuição do tamanho da planta, pior qualidade das sementes e redução da produtividade (Farias et alii, 2007).

Como o clima varia de um ano para o outro, ocorre grande variabilidade interanual dos meses que marcam o início e fim da estação de crescimento da soja, podendo chegar a até 4 meses (setembro a dezembro). Igualmente, a duração da safra pode apresentar grande variação, desde apenas 151 dias até um máximo verificado de 273 dias, isto no Mato Grosso do Sul (Santos, 2005).

No tocante às mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global, o aumento da

temperatura média prevista para as regiões produtoras poderá ocasionar redução das áreas aptas ao plantio, principalmente no Rio Grande do Sul e Oeste da Bahia, podendo ampliar-se ainda mais, a depender do grau de elevação da temperatura (Assad et alii, 2008).

Como a indústria vem reagindo aos impactos das variações climáticas?

Cana

O setor sucroenergético faz uso rotineiro das informações meteorológicas e climáticas para efetuar o planejamento de safra, bem como para a tomada de decisões ao longo do ciclo de produção. Acesso a uma boa fonte de informação, é, portanto, uma condição fundamental para subsidiar o planejamento agrícola. Não obstante, serão necessários também o estabelecimento de estações meteorológicas nas áreas de produção para o acompanhamento detalhado das condições climáticas, de forma a otimizar

e definir com maior qualidade as atividades agrícolas de preparo do solo, plantio, colheita e tratos culturais.

O uso de maturadores à base de herbicidas tem sido adotado nos finais de safra, quando ocorre antecipação do período chuvoso, que levaria ao retorno do crescimento do canavial e à consequente perda de açúcares.

Novas variedades têm sido desenvolvidas para que a cana suporte melhor as variações climáticas. Estima-se que exista um potencial latente de aumento da produtividade apenas com a adequação das variedades às condições edafoclimáticas de produção.

No tocante às mudanças climáticas, diante das incertezas sobre os possíveis impactos aos canaviais, não se observa ações específicas de mitigação deste risco pelas grandes produtoras do setor sucroenergético. Contudo, pode-se afirmar que as empresas com maior diversificação espacial de produção têm um “hedge” natural contra os riscos climáticos, uma vez que as variações não se dão de forma homogênea sobre todas as áreas de produção. Por exemplo, já ocorreram eventos de forte seca nas regiões produtoras de São Paulo, com perda significativa de produção, ao passo que, ao mesmo tempo, Goiás apresentou condições climáticas excelentes, alcançando picos de produtividade na mesma safra.

Soja

Assim como na cana-de-açúcar, os produtores de soja fazem uso corriqueiro das previsões climáticas para o planejamento das suas operações agrícolas.

Mais do que ocorre com a cana, os produtores de soja têm acesso a novas variedades, geneticamente modificadas, que se adaptam melhor às variações climáticas. Assim, a distribuição temporal e espacial escalonada das diferentes variedades, com diferentes períodos de maturação, vai impedir que os eventos climáticos extremos impactem toda a plantação, minimizando os riscos climáticos no conjunto da produção.

Outra prática adotada é o tratamento de sementes, tornando-as mais resistentes a organismos nocivos que venham a se desenvolver em períodos de seca prolongada.

O plantio direto sobre a cultura de rotação precedente (milheto), cuja presença irá proteger as sementes da forte insolação ou dos efeitos mecânicos de chuvas torrenciais tem sido usado como ferramenta de mitigação dos efeitos de eventos climáticos extremos.

No tocante aos tratos culturais, a intensificação dos tratamentos químicos para o controle de ervas, pragas e doenças que possam se intensificar em condições climáticas adversas, é outra prática que vem sendo adotada na produção de soja no Brasil.

Assim como ocorre com a cana-de-açúcar, não são observadas ações específicas para mitigar os possíveis efeitos das mudanças climáticas de longo prazo, ao contrário, há uma expansão importante da produção na região oeste da Bahia, que possivelmente terá condições climáticas adversas para a produção da soja, com temperaturas altas além do limite suportável pela planta.

Conclusões

A produção de biocombustíveis é diretamente condicionada pelas condições climáticas, uma vez que estas controlam o ciclo de vida das matérias primas utilizadas para a produção do etanol e do biodiesel no Brasil, contudo, os riscos climáticos impactam mais diretamente o setor sucroenergético, dada sua dependência da produção agrícola no entorno das usinas.

Os produtores de cana-de-açúcar e de soja tem lançado mão, rotineiramente, de informações

meteorológicas e climáticas para o planejamento das atividades agrícolas de todo o ciclo produtivo, procurando antever as condições climáticas e ajustar suas operações de forma a obter o maior rendimento e menores custos de produção.

O desenvolvimento de novas variedades, mais adaptadas às variações climáticas, tem possibilitado a mitigação dos riscos climáticos, embora haja espaço significativo para melhorias de produtividade fazendo-se a renovação dos canaviais com variedades específicas para cada região de produção, especialmente nas áreas de expansão.

Não são observadas ações específicas para mitigação dos impactos decorrentes das mudanças climáticas de longo prazo, embora algumas previsões indiquem que as condições climáticas poderão inviabilizar a produção de soja em determinadas regiões do Brasil.

Referências Bibliográficas

Assad, E.D.; Pinto, H.S.; Zullo Junior, J.; Marin, F.; Pellegrino, G. *Mudanças Climáticas e a Produção de Grãos no Brasil: Avaliação dos Possíveis Impactos*. Revista Plenarium, v.5, n.5, p.96-117, 2008, Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados.

EMBRAPA; UNICAMP - *Aquecimento Global e a Nova Geografia da Produção Agrícola no Brasil*. São Paulo, 2008.

EPE. *O Compromisso do Brasil no Combate às Mudanças Climáticas: Produção e Uso de Energia*, 2016. Disponível em <http://www.epe.gov.br>.

Farias, J.R.B.; NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N. *Ecofisiologia da Soja*. Embrapa Soja, Circular Técnica 48, 2007.

Gates, D.M. *Climate Change and Its Biological Consequences*, Sinauer Associates, Inc., Sunderland, 1993.

Marin, F.R. *Relação entre Cultura e Clima (Cana-de-Açúcar)*, in http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_10_711200516716.html. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Acesso em maio de 2017.

Marin, F. & Nassif, D.S.P. *Mudanças climáticas e a cana-de-açúcar no Brasil: Fisiologia, Conjuntura e Cenário Futuro* in Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.17, n.2, p.232-239, 2013.

Peters, R.L. *Conservation of Biological Diversity in The Face of Climate Change* in PETERS & LOVEJOY *Global Warming and Biological Diversity*, Yale University Press, London, 1992.

Santos, J.W.M.C. *RITMO CLIMÁTICO E SUSTENTABILIDADE SÓCIO-AMBIENTAL DA AGRICULTURA COMERCIAL DA SOJA NO SUDESTE DE MATO GROSSO* in Revista do Departamento de Geografia (USP), v.17, p.61-82, 2005.

POR QUE É URGENTE gerenciar o risco climático?

Raquel R. de Souza

Economista pela UFRJ e mestre e doutora em planejamento energético pela COPPE/UFRJ. É especialista em energia e mudança do clima e fundadora do Energia 100Medida.



A DISCUSSÃO EM TORNO do processo de mudança do clima tem como ponto de referência o equilíbrio do sistema terrestre antes do processo de revolução industrial, ocorrido no século XVIII. Isto é válido para indicadores como a concentração de CO₂ na atmosfera e o aumento da temperatura da superfície da Terra. É consenso entre grande parte dos cientistas do mundo que o desenvolvimento da humanidade nas bases atuais tem modificado o equilíbrio do sistema terrestre.

Há décadas que cientistas e ambientalistas chamam a atenção sobre a necessidade de mudança no nosso padrão de consumo e produção, visto que desde o processo de revolução industrial o ritmo de exploração das riquezas naturais e de poluição ambiental aumentou a olhos vistos. O resultado disso é a transgressão dos limites naturais de resiliência do nosso sistema terrestre.

Impactos ambientais, antes restritos aos níveis regionais e locais, alcançam agora uma escala global. Mudança do clima é um exemplo sobre este processo sentido em todas as partes do mundo. Mas existem outros. Em 2009, um grupo de cientista do *Stockholm Resilience Center* apresentou uma pesquisa sobre os limites do planeta – *the planetary boundaries framework*, a qual buscou definir

um limite seguro de operação da atividade humana e de transgressão do equilíbrio de nove processos críticos do sistema terrestre, considerando o conhecimento existente sobre o seu funcionamento e sua resiliência (STEFFEN et al, 2015).

Atualizada em 2015, essa pesquisa discute quais seriam os possíveis limites de perturbação do equilíbrio para os seguintes processos críticos: i) mudança do clima, (ii) mudança na integridade da biosfera (iii) depleção da camada de ozônio, (iv) acidificação dos oceanos, (v) fluxo biogeoquímico, (vi) uso da terra, (vii) utilização da água doce, (viii) acumulação de aerossóis na atmosfera e (ix) introdução de novas substâncias.

A mudança do clima, juntamente com a integridade da biosfera (considerada perda de biodiversidade, na versão de 2009), é considerada primordial para o equilíbrio do sistema terrestre podendo levá-lo a um novo estado caso seus limites sejam transgredidos substancial e persistentemente, visto que estão conectados aos demais processos que serão, conseqüentemente, desestabilizados. Cabe ressaltar, no entanto, que este não seria um resultado instantâneo, mas apenas que o risco de alteração do sistema é mais alto e o risco para a adaptação humana também, como destaca Steffen et al (2015):

“Application of the precautionary principle dictates that the planetary boundary is set at the “safe” end of the zone of uncertainty. This does not mean that transgressing a boundary will instantly lead to an unwanted outcome but that the farther the boundary is transgressed, the higher the risk of regime shifts, destabilized system processes, or erosion of resilience and the fewer the opportunities to prepare for such changes. Observations of the climate system show this principle in action by the influence of increasing atmospheric greenhouse gas concentrations on the frequency and intensity of many extreme weather events.”

Se o processo de mudança do clima é, de acordo com a pesquisa, hierarquicamente primordial para o equilíbrio do sistema terrestre e, conseqüentemente, para a vida humana, a busca pela contenção desse processo é mais do que urgente. Limitar o aumento da temperatura global aos 2 °C precisa estar no topo da lista de prioridades dos líderes mundiais. E de certa forma, está!

O Acordo de Paris¹, o novo acordo de clima firmado em dezembro de 2015 e em vigor desde novembro de 2016, tem como meta o limite dos 2 °C para o aumento da temperatura global até 2100. No entanto, apesar da sua entrada em vigor e dos compromissos assumidos pelos países nas suas Contribuições Nacionalmente Determinadas² (NDCs), o alcance da meta dos 2 °C vai implicar em ações muito mais ambiciosas do que as já anunciadas. UNEP (2016) e Rogelj et al (2016) ressaltam que os compromissos assumidos até o momento são insuficientes para evitar as devastadoras conseqüências do aquecimento global, visto que devem resultar em um aumento da temperatura entre 2,6 °C a 3,2 °C, até 2100.

UNEP (2016) resalta que as emissões de GEE ainda estão em trajetória ascendente. No período de 2000 a 2010, as emissões cresceram a uma taxa média de 2,2% ao ano, superior ao período de 1970 a 2000, de 1,3% ao ano, porém, inferior ao período 2010-2011, de 3,5% ao ano. No ano de 2014, as emissões globais totalizaram 52,7 GtCO₂e.

¹ O acordo de Paris é considerado um acordo (i) Justo: o artigo 4 da Convenção, sobre as responsabilidades comuns, porém diferenciadas, está explícito no novo acordo. Sem dúvida uma vitória nas negociações, visto que muitos países defendiam a revisão da própria Convenção e, particularmente, deste artigo; (ii) Equilibrado: o Acordo de Paris vai além da mitigação e incorpora adaptação e meios de implementação; (iii) Ambicioso: o Acordo de Paris resalta a importância em limitar o aumento das emissões bem abaixo dos 2°C e, mais, resalta a importância de perseguir a meta de 1,5°C em relação aos níveis pré-industriais; e, (iv) Duradouro: o Acordo de Paris, ao contrário do Protocolo de Kyoto, não possui prazo de finalização e prevê as revisões das NDCs (Nationally Determined Contribution) a cada 5 anos, visando a busca contínua por parte dos países pela redução de suas emissões.

² As contribuições nacionalmente determinadas (NDCs) foram apresentadas pelos países no âmbito do Acordo de Paris e representam seus os planos domésticos de ação climática que deverão ser implementados a partir de 2020, com a expectativa de que estes se tornem mais ambiciosos ao longo dos anos.

Ao analisarmos o contexto atual sobre os assuntos que permeiam as discussões de clima, podemos concluir que o futuro da trajetória das emissões fica ainda mais incerto. As eleições, em 2016, dos Estados Unidos, o segundo país mais poluidor do mundo atrás apenas da China, colocou no poder Donald Trump, cético declarado do processo de mudança do clima que, durante a campanha eleitoral além de afirmar que mudança do clima é uma farsa criada pelos chineses de forma a tornar a indústria americana não competitiva, disse que acabaria com a Agência Americana de Proteção Ambiental (EPA – Environmental Protection Agency) e retiraria os Estados Unidos da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change) e, conseqüentemente, do Acordo de Paris.

Trump assumiu no dia 20 de janeiro e as medidas adotadas até o momento revelam um retrocesso nas legislações, medidas, pesquisas e todo o tipo de incentivo à proteção ambiental em geral, e ao processo de mudança do clima, em particular, isto em virtude dos nomes escolhidos para assumir a Agência de Proteção Ambiental (EPA), o Departamento de Interior, o Departamento de Energia e a NASA, todos ligados à agenda de combustíveis fósseis e céticos o processo de mudança do clima. A mensagem de Trump é que a doutrina da Casa Branca será a de negar o processo de mudança do clima e assumir uma agenda a favor dos combustíveis fósseis.

E isto já está sendo colocado em prática. No último dia 01 de junho, Trump anunciou a saída dos Estados Unidos do Acordo de Paris e, logo, o não cumprimento das metas voluntárias dos EUA de reduzir em 17% as suas emissões até 2020, com relação ao ano de 2005, e de 26%-28% até 2025. Mas o processo de negação da mudança do clima já tinha se anunciado antes disto, por exemplo, com a descontinuidade do Plano de Energia Limpa da EPA, criado em 2015 no governo de Barack Obama, que tem por objetivo reduzir as emissões de gases de efeito estufa das usinas de energia dos EUA e que atinge as usinas a carvão, além da ameaça de descontinuidade de outras políticas e programas ambientais que visam proteger a saúde humana e o meio ambiente.

O efeito prático da retirada dos Estados Unidos do Acordo de Paris ainda é incerto se considerarmos toda a repercussão no país desta medida e as articulações anunciadas, até o momento, entre setor privado e algumas cidades e estados de seguir em frente com o compromisso assumido e com medidas ambiciosas em prol da redução das emissões de gases de efeito estufa. Se isto de fato se cumprir, o resultado final da medida de Trump pode acabar sendo positiva visto que terá impulsionado, e não acomodado, o processo de transformação para uma economia de baixo carbono. Seria de fato a apropriação pela sociedade da busca e implementação de soluções práticas na luta contra o processo de mudança do clima.

Se limitar o aumento da temperatura no patamar considerado seguro pela comunidade científica se mostra cada vez mais desafiante, dominar o conhecimento sobre o maior leque possível de opções de adaptação aos diversos eventos extremos aos quais estaremos submetidos, será um grande ativo de valor.

A mensagem principal de todo esse contexto analisado de transgressões dos limites do planeta em patamares que ameaçam à vida humana e as incertezas com relação à trajetória futura das emissões de GEE que seja compatível com o limite do aumento da temperatura nos 2°C, é de que a necessidade de adaptação nos futuros cenários desenhados será considerável. Com isso, é primordial o avanço do conhecimento sobre gerenciamento dos riscos climáticos.

Se limitar o aumento da temperatura no patamar considerado seguro pela comunidade científica se mostra cada vez mais desafiante, dominar o conhecimento sobre o maior leque possível de opções de adaptação aos diversos eventos extremos aos quais estaremos submetidos, será um grande ativo de valor. Obviamente, dominar todo esse conhecimento é quase impossível, visto o tamanho da incerteza que predomina nesse campo da ciência. Porém, iniciar o processo

de desenvolvimento de novas alternativas às questões atualmente já enfrentadas trará uma grande competitividade em todas as áreas de conhecimento, por exemplo, a segurança, saúde, agricultura, saneamento.

No caso da segurança nacional, Stephen Cheney, general de brigada da reserva do Corpo de Fuzileiros Navais dos EUA, em artigo do *Valor Econômico* (*As escolhas de Trump e o clima, 13/12/2016, Opinião, pag. A15*), explica que os militares americanos reconheceram a mudança do clima como um grande risco à segurança há mais de uma década, sendo considerada um “risco estratégico de alto nível para os interesses americanos”, ao lado de terrorismo, crise econômica e proliferação de armas de destruição em massa. E a inclusão da mudança do clima no desenvolvimento de futuras políticas estratégicas de todas as agências de defesa foi definida por legislação ainda no Governo de George W. Bush. Desconsiderar essa variável pode comprometer a garantia de segurança de qualquer nação, visto

que a mudança do clima é denominada, pelos militares americanos, como um “multiplicador de ameaças”, dado que “intensificam e complicam os riscos de segurança existentes, aumentando a frequência, escala e complexidade de futuras missões”, e o que deve ser feito pelas nações, na verdade, é a criação de uma estratégia de segurança nacional mais resiliente.

No que tange ao setor privado, o gerenciamento de riscos é uma prática há muito incorporada no dia a dia das organizações que visa gerenciar as incertezas sobre a ocorrência ou não de um evento positivo ou negativo. No entanto, traduzir o risco do processo de mudança do clima para o dia a dia empresarial ainda se revela como um desafio para as equipes de sustentabilidade e de riscos de grande parte das empresas. A análise do clima envolve modelagem, análises de dados complexos, construção de cenários, incorporação de várias premissas e hipóteses, ou seja, questões nada simples e objetivas de serem incorporadas nas análises diárias dos mundos dos negócios.

Porém, muito pode ser feito apenas por meio das observações das mudanças e seus impactos no dia a dia empresarial. Como? Por exemplo, possíveis prejuízos resultantes do aumento da intensidade dos ventos, das enchentes, das secas tanto diretos, quando afetam a própria operação,

como indiretos, quando afetam a cadeia de fornecedores. Quais são as soluções encontradas pela empresa para garantir o funcionamento do negócio e “driblar” essas novas dificuldades impostas pela natureza? Estão adotando uma nova altura padrão para o maquinário da fábrica para evitar que se danifiquem quando a água chegar, intensificando a utilização da prática de irrigação das plantações para lidar com a alteração dos padrões das chuvas e secas mais prolongadas ou acompanhando mais de perto as previsões meteorológicas diárias e deslocando equipes de manutenção para as áreas onde ocorrerão as tempestades e, possivelmente, falta no fornecimento de energia elétrica com o intuito de restabelecer mais rapidamente a prestação do serviço? Esses são exemplos práticos de gerenciamento do risco climático e de adaptação às mudanças climáticas adotadas por algumas empresas no Brasil.

Mas o desafio ainda é muito grande, visto que ainda há muita desinformação sobre a importância de monitorar esses novos riscos e, principalmente, falta de compreensão sobre a relação direta das alterações do clima nos negócios. Precisamos vencer o ceticismo e traduzir essas questões para o mundo empresarial.

Em recente estudo, Brasil (2016) ressalta os possíveis impactos da mudança do

clima no país e aponta algumas possíveis vulnerabilidades de cidades, regiões metropolitanas e estados, com o objetivo de melhor compreender e identificar como esse processo poderá afetar tanto a questão física como econômica e social de cada região. Por exemplo, para Curitiba-PR e Santos-SP, observou-se que infraestrutura educacional e hospitalar está em zonas de risco a inundações, inundações costeiras e ressacas, além de deslizamentos de terra. Goiânia-GO poderá registrar longas estiagens, aumento das temperaturas médias e redução na precipitação cumulativa, podendo resultar em problemas de abastecimento de água devido à menor captação nas principais bacias da cidade e a incêndios nas zonas rurais. No caso do Rio de Janeiro, o estudo aponta seis municípios mais vulneráveis a alagamentos e deslizamentos: Parati, Angra dos Reis, Rio de Janeiro, Duque de Caxias, Magé e Campos dos Goytacazes. São Paulo também poderá registrar um aumento nos riscos de enchentes, inundações e deslizamento de terra.

Mas além dos impactos diretos sentidos nos negócios, temos outros impactos para as empresas. Leis e Regulamentações mais fortes são esperadas, assim como maiores exigências para que o setor privado controle, mitigue suas emissões e se adapte aos novos padrões

climáticos. Neste sentido, reguladores, analistas, investidores e indivíduos estarão demandando cada vez mais informações das empresas sobre:

- i. como seu modelo de negócios é compatível com padrões de emissões mais restritos;
- ii. quais os riscos climáticos mais prováveis de impactarem seus negócios;
- iii. quais são as estratégias de respostas a esses riscos e incertezas.

Quanto mais postergarmos a redução significativa das emissões de GEE, mais seremos dependentes de tecnologias de baixíssimas emissões, e até mesmo negativas; mais custosa serão as ações futuras no médio e longo prazo e maiores os riscos de uma disrupção econômica; e, maiores serão os riscos de não limitarmos o aumento da temperatura nos 2°C e ultrapassarmos, assim, o limite seguro do processo de alteração do clima, provocando sérias consequências à vida humana. Assim, governos, sociedade e setor privado precisam unir esforços para lidar com esse grande desafio do século XXI e colocar o mundo na trajetória de emissões necessária para garantir a continuidade de um desenvolvimento econômico, social e ambiental contínuo e seguro para toda a humanidade, além de expandir o conhecimento sobre como lidar com esses novos desafios e de adaptar aos prováveis futuros cenários de temperaturas mais elevadas e eventos extremos mais frequentes.

Referências

Steffen, W. et al. **Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet.** 2015. Science 347, 1259855. DOI: 10.1126/science.1259855. Disponível em: <<http://science.sciencemag.org/>>. Acesso em: 17 jan 2017.

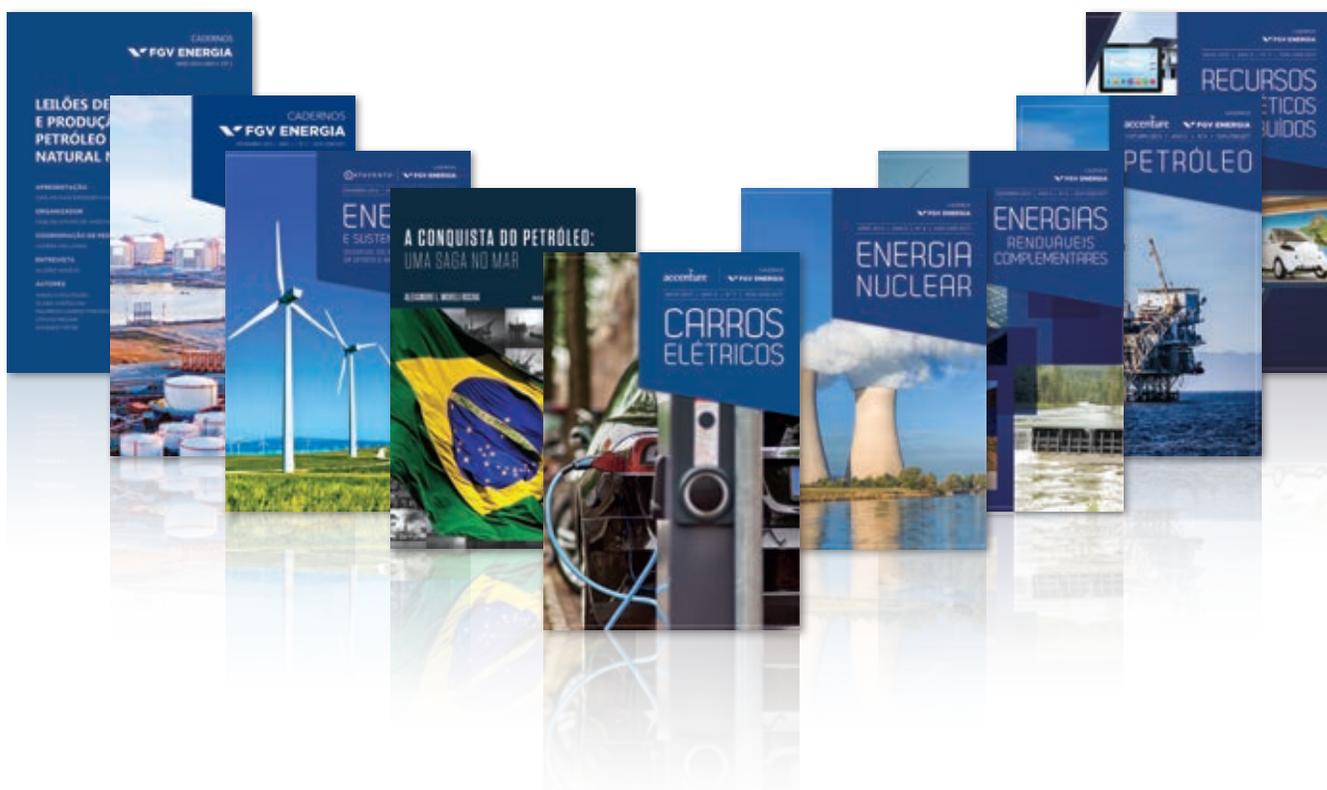
UNEP – The United Nations Environment Programme. **The Emissions Gap Report 2016.** 2016. UNEP, Nairobi.

ROGELJ, J. et al. Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2°C. Nature vol. 534, p. 631-639. 2016. Disponível em: <<https://www.nature.com/nature/journal/v534/n7609/pdf/nature18307.pdf>>. Acesso em: 10 mai 2017.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. Modelagem climática e vulnerabilidades Setoriais à mudança do clima no Brasil / Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016.

CHENEY, S. As escolhas de Trump e o clima. **Valor Econômico**, 13 dez. 2016. Opinião, p. A15.

Conheça as
publicações
FGV Energia



PUBLICAÇÕES DISPONÍVEIS NO SITE:

www.fgv.br/energia



www.fgv.br/energia

Mantenedores Premium (Elite) da FGV Energia:



Mantenedores Master da FGV Energia:

