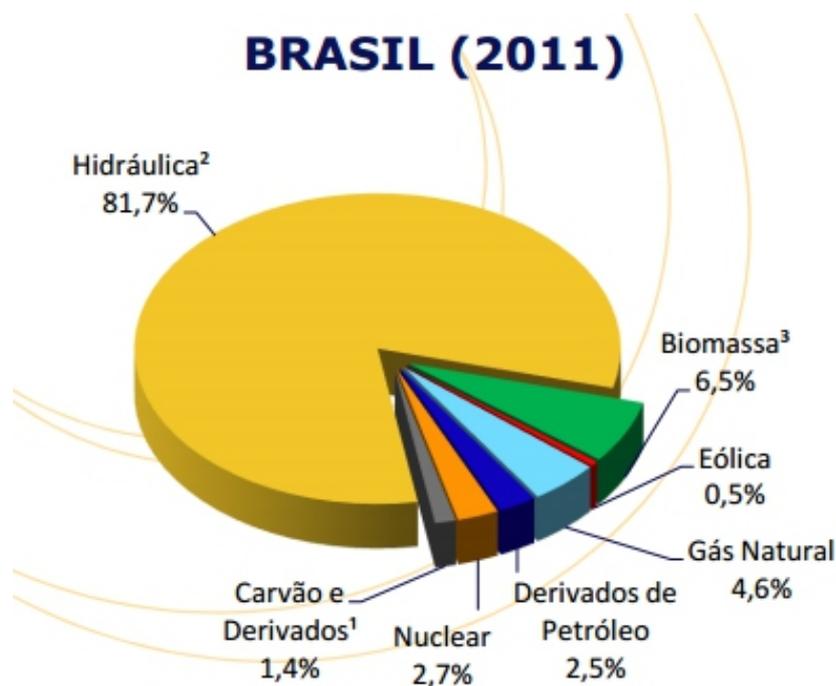
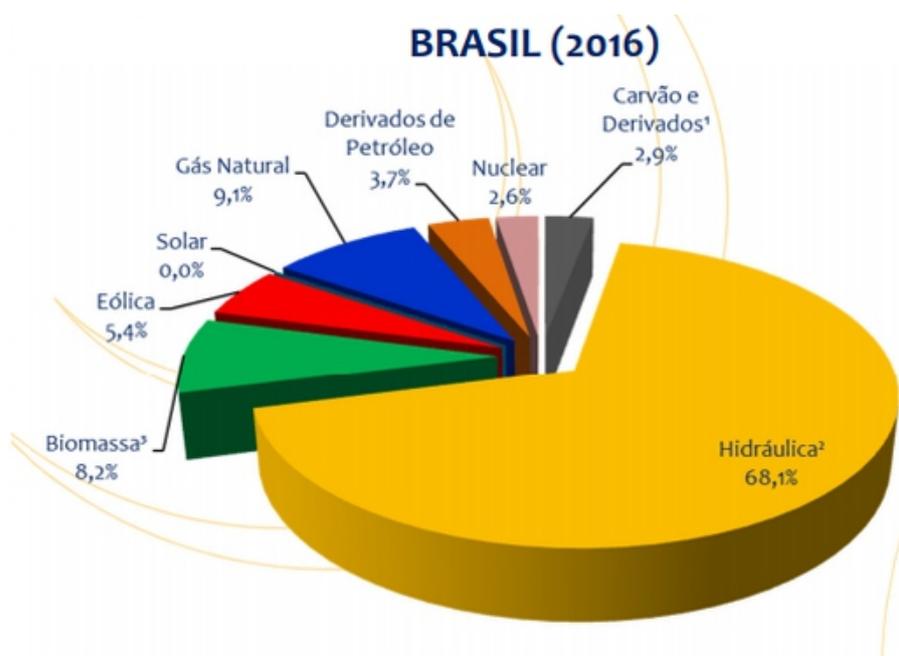


Geração de Energia

BRASIL (2011)



BRASIL (2016)



Perfil da origem da energia elétrica produzida no Brasil segundo dados fornecidos pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica)

Em maio de 2011, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas da ONU (IPCC, na sigla em inglês) divulgou o *III Relatório Especial sobre Fontes Renováveis de Energia e Mitigação das Mudanças Climáticas (SRREN, na sigla em inglês)*. O documento revela que as fontes renováveis (limpas) de energia suprirão 80% da energia em 2050, quando a biomassa, energia solar e eólica darão as maiores contribuições. No entanto, fazem a ressalva de que é preciso adotar políticas públicas para incentivar o uso dessas fontes mais limpas de energia. Com a ascensão das fontes alternativas renováveis genuinamente limpas (FARGL), a emissão de CO₂ na atmosfera poderá ser reduzida entre 220 Gt e 560 Gt (gigatoneladas) até 2050. Esse relatório vai mais além ao demonstrar que o potencial da Terra em fontes renováveis (limpas) é grande e que terá um papel importante na mitigação das emissões de gases de efeito estufa, causadores das mudanças climáticas. Mas faltam investimentos, que deveriam ser feitos em pesquisas sobre como

utilizar de forma eficiente, por exemplo, a força dos oceanos, que podem gerar energia das marés. O mercado internacional já sinaliza queda nos custos da energia eólica e solar, mas ainda falta a vontade política de países como o Brasil, acomodados na chamada “vocação dos rios” para geração hidrelétrica.

A matriz energética brasileira vem experimentando uma mudança de perfil ao longo dos últimos anos. Basta examinar os dois gráficos apresentados na página anterior no qual se percebe um tendência   maior participa o de novas fontes renováveis - energias eólica, solar e de biomassa, com concomitante redu o da energia de origem hidrelétrica.

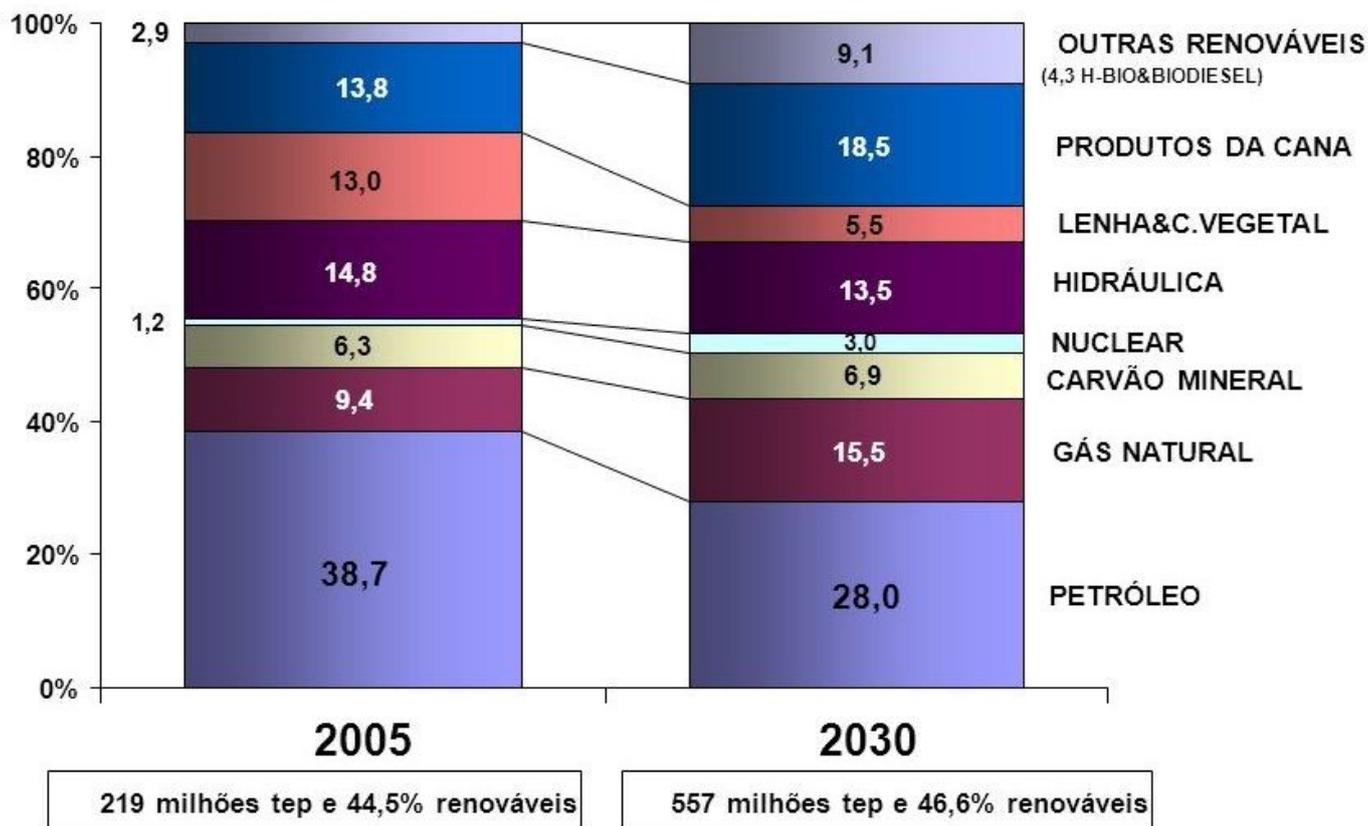
Em outro quadro, apresentado abaixo, observa-se que a capacidade instalada das novas fontes - biomassa, energia eólica e solar apresentou um salto muito maior do que as tradicionais fontes de gera o de energia.

Para qualquer na o do mundo, a energia  

| Fonte | Capacidade instalada MW (2008) | Capacidade instalada MW (2015) | Variacão 2015/2008 (%) |
|---------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| Hidroelétrica | 77.091 | 89.811 | 17% |
| Termoelétrica | 17.352 | 25.919 | 49% |
| Biomassa | 4.193 | 12.415 | 196% |
| Nuclear | 2.007 | 1.990 | -1% |
| Eólica | 247 | 5.833 | 2261% |
| Solar* | - | 15 | - |
| Total | 100.890 | 135.983 | 35% |

Evolu o da capacidade instalada de várias fontes de energia elétrica segundo dados fornecidos pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica)

assunto tratado como extremamente estratégico; afinal, como manter transportes, atividades industriais, e nosso cotidiano sem o concurso da energia nas suas mais diferentes modalidades? E a clássica fonte energética - combustíveis fósseis (petróleo, carvão...), caracteristicamente não renovável, tenderá a perder espaço nos próximos anos, conforme previsão feita pelo Ministério das Minas e Energia.



Matriz energética brasileira prevista para 2030 segundo o Plano Nacional de Energia preparado pelo Ministério das Minas e Energia (tep = toneladas equivalentes de petróleo)



Alexandre Szklo

O tema energia, recorrente nesta Revista desde seus primórdios, é uma excelente oportunidade de inserção para os profissionais da área química. Para colocar nossos leitores a par das últimas tendências relativas ao mercado de energia no país e no mundo, a RQI convidou o renomado professor e pesquisador Alexandre Salem Szklo, do Programa de Planejamento Energético do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro, para esclarecer aspectos relevantes ao tema "Geração de Energia", a matéria central deste número da Revista.

Considerando a forte presença do petróleo e seus derivados em nosso cotidiano, a RQI procurou saber junto ao Prof. Alexandre **quais são as perspectivas ligadas à participação dessa fonte não renovável na matriz energética**. Segundo ele, "Em 1973, conforme dados da Agência Internacional de Energia, o petróleo representava 45% da oferta de energia primária mundial. Os choques de preços, na década de 70, a preocupação crescente com os impactos ambientais, em especial com a questão do clima, e o avanço tecnológico viabilizando economicamente outras formas de energia primária foram determinantes na redução dessa participação para 34% em 2004, segundo a mesma fonte.

Em termos prospectivos, todos os fatores que contribuíram para esse deslocamento na demanda de petróleo devem permanecer e, mesmo, ser reforçados. Ainda assim, o petróleo deverá manter a posição de liderança, respondendo por 35% da demanda mundial por energia primária em 2030."

"Segundo o Departamento de Energia norte-americano, a demanda mundial de petróleo crescerá dos 78 milhões de barris/dia em 2002 para 103 milhões de barris/dia em 2015 e para mais de 119 milhões de barris/dia em 2025. A maior parte do crescimento da demanda de petróleo é esperada para os países em desenvolvimento da Ásia, a uma taxa de 3,5% ao ano, devido ao crescimento econômico da região. Essa expansão da demanda mundial de petróleo é alavancada pelo setor de transportes. Em 1973, 42% do consumo de derivados de petróleo eram representados por esse setor, proporção que se elevou para 58% em 2004 e deverá ser mantida em torno deste percentual nos próximos 25 anos. Nesse setor, a demanda principal é por derivados médios e leves (gasolina, diesel e querosene de aviação), de maior valor comercial e determinantes do perfil do refino.



Plataforma de exploração de petróleo em área offshore

Na geração de energia elétrica, por sua vez, o óleo combustível vem sendo gradativamente substituído por outros energéticos, notadamente o gás natural. Tanto é assim que a prospecção da Agência Internacional de Energia não prevê aumento na geração de eletricidade a partir do óleo combustível entre 2002 e 2030, mantendo-a constante no patamar em torno de 1.200 TWh/ano."

A respeito do Brasil, Alexandre prosseguiu: "Esse panorama se reproduz no Brasil, até com maior intensidade, dada a opção nacional pelo modal rodoviário no setor transportes. É verdade que parte da demanda de combustíveis líquidos é atendida com etanol, porém mais de 90% é proveniente de derivados do petróleo. A estrutura da demanda por combustíveis líquidos no Brasil sofreu importantes alterações nos últimos anos. Da posição de liderança que detinham em 1970, cada um respondendo por cerca de um terço da demanda, gasolina e óleo combustível perderam importância relativa ao longo do tempo. No caso da gasolina, grande parte desse comportamento advém de sua substituição pelo uso do etanol, embora tenha contribuído também o aumento da eficiência dos motores. No caso do óleo combustível, em grande



parte demandado pela indústria, houve a substituição principalmente por eletricidade durante a década de 1980 e por gás especialmente nos últimos dez anos."

A RQI indagou sobre como **as alterações climáticas podem impactar a geração de energia elétrica**. De acordo com estudos dirigidos pelo Prof. Alexandre, "as mudanças climáticas podem colocar a geração de energia em risco. A produção de energia no Brasil, pela água, pelos ventos ou por biomassa também pode ser afetada pelas mudanças climáticas. Antecipa-se um cenário de queda generalizada na produção das hidrelétricas em algumas regiões do Brasil, em função da elevação das temperaturas e da intensidade das secas.



Usina de Itaipu - 2,5 bilhões de Mwh - a maior geradora de energia hidrelétrica do planeta

As usinas hidrelétricas na região da Bacia do rio São Francisco, prevê essa pesquisa, seriam afetadas pelos impactos das alterações climáticas que se refletirão diretamente na região Nordeste, com a diminuição na capacidade de geração. Algumas culturas de oleaginosas, como a mamona e a soja, poderão se tornar inviáveis com as elevações de temperatura e de seca previstas para a região, e a agricultura familiar, ponto focal do combate à pobreza, também poderá se inviabilizar."

Muita chuva e longos períodos de seca intensa, ensaiados em vários cenários no estudo da COPPE, provocariam a diminuição da vazão média dos rios de algumas regiões e afetariam diretamente a geração de energia elétrica de grandes usinas. E, usando o estudo, para ir mais além, as alterações nos regimes dos rios podem inviabilizar centenas de hidrelétricas que constam do Plano Decenal de Energia (PDE) 2020.

Esses cenários mostram que a vida útil das usinas poderia ser reduzida drasticamente e que em 30, 50 anos a geração de energia, em determinadas regiões, certamente será menor. Em se tratando de usinas a fio d'água, o problema tende a se agravar, uma vez que os eventos extremos de secas agirão diretamente na capacidade dos reservatórios menores tornando mais difícil a compensação das perdas de vazão natural."

"Esse estudo da COPPE recomenda, no caso da hidroeletricidade, que (I) sejam criados instrumentos de gestão da demanda para reduzir o consumo de eletricidade e estimular a utilização de equipamentos com maior eficiência energética; (II) se



Energia a partir de biomassa

inicie a adaptação do sistema energético brasileiro à nova realidade das mudanças climáticas para a segurança energética do país; (III) se produza eletricidade com base em fontes renováveis e mais limpas, como bagaço de cana-de-açúcar, resíduos sólidos urbanos e energia eólica e solar; (IV) se façam pesquisas para ampliar o conhecimento sobre a relação entre as mudanças climáticas e a produção e consumo de energia no Brasil; (V) e haja o aperfeiçoamento das bases de dados e das ferramentas utilizadas no setor energético para a realização de simulações e projeções, para que se tornem mais apropriadas à investigação dos impactos da mudança do clima sobre o setor.»

Quanto a outras fontes primárias de energia, "As menores velocidades de vento previstas para o interior nordestino podem causar uma redução de até 60% no potencial eólico nacional, em consequência de menores ocorrências de vento com velocidade superior a 6 metros por segundo, o mínimo considerado favorável para a produção de energia. Assim, segundo as projeções climáticas, o potencial brasileiro de geração de eletricidade a partir do vento pode ser, em 2100, até 60% menor que o existente em 2001.

Simulações indicam tendência de perda de potencial eólico no interior e concentração das áreas favoráveis à geração no litoral do Norte-Nordeste, onde a ocorrência de altas velocidades (maiores que 8,5 metros por segundo) aumentará, mas não o suficiente para compensar as perdas no interior."



Cana-de-açúcar

"As turbinas de usinas termelétricas a gás são sensíveis a variações na temperatura e na umidade ambientes. As variações de temperatura e umidade projetadas causariam um decréscimo na eficiência operacional das termelétricas a gás natural, o que se refletiria em aumento do consumo de combustível ou em menor geração de energia para a mesma quantidade de combustível. Mas as projeções obtidas indicam que o impacto será relativamente pequeno."

Em matéria de biocombustíveis, "as mudanças climáticas podem aumentar a vulnerabilidade dos ecossistemas tropicais tanto pelo aumento das temperaturas médias e pelas mudanças no regime de chuva, como pela ocorrência mais intensa de tempestades, secas e inundações.

O processo de aquecimento global, em conjunto com o aumento dos níveis de CO₂ na atmosfera, afetará diretamente aspectos essenciais como colheitas, zonas de distribuição agrícola, incidência de pragas e doenças e disponibilidade de terras adequadas para os cultivos." E acrescentou: "No cômputo geral, não parece que haverá grande impacto da mudança do clima sobre a produção brasileira de álcool." Por outro lado, "o bagaço de cana poderá ganhar *status* de estrela na geração de energia no final deste século, já que a cana-de-açúcar será a única fonte energética no Brasil que não sofrerá impactos significativos com o aquecimento global." Aliás, segundo o Boletim Mensal de Energia (referência - dezembro/2016) elaborado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), a biomassa voltou a ser a segunda fonte de geração



mais importante do Brasil na Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE) - toda a energia necessária para movimentar a economia – com o registro de 8,8% em 2016, superando os 8,1% de participação do gás natural.

Com respeito ao biodiesel, "a produção pode ser negativamente afetada pelas mudanças climáticas, principalmente no Nordeste, onde algumas áreas podem se tornar inadequadas para o cultivo de oleaginosas como a mamona e a soja. Novas áreas, porém, se tornariam adequadas na região Sul. No entanto, nem todos os cultivos seriam adaptáveis às condições de solo e clima do Sul, o que pode reduzir a produção de biodiesel no país. A concentração da produção no Sul também pode, em princípio, reduzir os efeitos sociais positivos visados pelo Programa Nacional de Biodiesel, já que as regiões Norte e Nordeste concentram a maior parte dos agricultores familiares pequenos e pobres.

Além disso, a concentração da produção no Sul pode causar conflitos de usos da terra entre plantios para fins energéticos e não-energéticos, já que essa região também tem as melhores condições climáticas para muitos destes últimos."

A RQI procurou saber **o que tem sido feito no Brasil em termos de políticas de fomento às fontes alternativas de energia**. Segundo Alexandre, "em 2002, o governo brasileiro estabeleceu um marco institucional importante com a criação do PROINFA - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas e da CDE – Conta de Desenvolvimento Energético (ambos instituídos por meio da Lei 10.438, de 26 de abril de 2002 e regulamentados pelo Decreto 4.541 de 23 de dezembro de 2003)."

A RQI indagou sobre **como enfrentar a vulnerabilidade da matriz energética brasileira face às alterações climáticas**. "A vulnerabilidade brasileira é acentuada pela grande e crescente participação das fontes renováveis na matriz energética. Um segundo tipo de vulnerabilidade identificado é a escassez de dados e de ferramentas disponíveis para a avaliação dos efeitos potenciais das mudanças climáticas sobre o setor de energia. Dadas as incertezas inerentes ao clima, iniciar a adaptação do sistema energético brasileiro à nova realidade é parte importante da segurança energética do país.

Assim, recomenda-se uma série de medidas nesse sentido. Entre as recomendações, destacam-se a criação de instrumentos de gestão da demanda para reduzir o consumo de eletricidade e estimular a utilização de equipamentos com maior eficiência energética, e a adoção de mecanismos para a conservação de biocombustíveis, principalmente biodiesel. O estímulo à renovação da frota de caminhões e a adoção de políticas de integração

rodovia/ferrovia são dois dos mecanismos sugeridos. Para o aumento da oferta de energia, são propostas diversas opções de incentivo à produção de eletricidade com base em fontes alternativas, como bagaço de cana-



de-açúcar, resíduos sólidos urbanos e energia eólica. Aponta-se a necessidade de novas pesquisas para ampliar o conhecimento sobre a relação entre as mudanças climáticas e a produção e consumo de energia no Brasil.

Uma recomendação especial é o aperfeiçoamento das bases de dados e das ferramentas utilizadas no setor energético para a realização de simulações e projeções, para que se tornem mais apropriadas à investigação dos impactos da mudança do clima sobre o setor. Por fim, vale enfatizar que estas colocações são uma primeira incursão na tarefa de quantificar e analisar um tema muito complexo."

"O atendimento de forma sustentável das necessidades energéticas brasileiras envolve a avaliação do papel que as fontes alternativas de energia assumirão na diversificação e na universalização da oferta de energia no país, e na otimização do aproveitamento de recursos renováveis."

NOTAS DO EDITOR

- O Prof. Alexandre Salem Szklo pode ser contatado pelo correio eletrônico: szklo@ppe.ufrj.br.
- O Currículo Lattes do entrevistado pode ser acessado pelo link: <http://lattes.cnpq.br/5314056414907898>.
- As referências abaixo complementam e detalham o texto desta matéria:

→ ENERGIA PARA O SÉCULO XXI - Por Uma Nova Política Energética no Brasil (Mons. Jamil Alves de Souza, ed.). Brasília: Edições CNBB, 2012, p. 21-24 e 31-34.

→ PLANO NACIONAL DE ENERGIA 2030 (ISBN: 978-85-60025-02-2). Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, Ministério das Minas e Energia, 2007, cap. 3.

→ MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEGURANÇA ENERGÉTICA NO BRASIL (Schaeffer, R. *et al.*). Rio de Janeiro: Assessoria de Comunicação da COPPE/UFRJ, 2008, 67 p.