

CADERNO OPINIÃO

O ALVORECER DA ENERGIA DO HIDROGÊNIO

AUTOR

Paulo Emílio V. de Miranda
dezembro.2017

SOBRE A FGV ENERGIA

A FGV Energia é o centro de estudos dedicado à área de energia da Fundação Getúlio Vargas, criado com o objetivo de posicionar a FGV como protagonista na pesquisa e discussão sobre política pública em energia no país. O centro busca formular estudos, políticas e diretrizes de energia, e estabelecer parcerias para auxiliar empresas e governo nas tomadas de decisão.

DIRETOR

Carlos Otavio de Vasconcellos Quintella

SUPERINTENDENTE DE RELAÇÕES INSTITUCIONAIS E RESPONSABILIDADE SOCIAL

Luiz Roberto Bezerra

SUPERINTENDENTE COMERCIAL

Simone C. Lecques de Magalhães

ANALISTA DE NEGÓCIOS

Raquel Dias de Oliveira

ASSISTENTE ADMINISTRATIVA

Ana Paula Raymundo da Silva

ESTAGIÁRIA

Larissa Schueler Tavernese

SUPERINTENDENTE DE ENSINO E P&D

Felipe Gonçalves

COORDENADORA DE PESQUISA

Fernanda Delgado

PESQUISADORES

André Lawson Pedral Sampaio
Guilherme Armando de Almeida Pereira
Júlia Febraro França G. da Silva
Larissa de Oliveira Resende
Mariana Weiss de Abreu
Tamar Roitman
Tatiana de Fátima Bruce da Silva

CONSULTORES ESPECIAIS

Ieda Gomes Yell
Magda Chambriard
Milas Evangelista de Souza
Nelson Narciso Filho
Paulo César Fernandes da Cunha



OPINIÃO

O ALVORECER DA ENERGIA DO HIDROGÊNIO

*Paulo Emílio V. de Miranda,
Professor Titular da Universidade Federal
do Rio de Janeiro, UFRJ*

Nós vivemos nesse início do Século XXI uma transição energética em nível global, que levará à descarbonização do sistema energético mundial. Isso requererá a integração de quantidades significativas de energia renovável intermitente e o controle adequado do estoque sazonal de armazenamento de energia.

O hidrogênio e as tecnologias de pilhas a combustível têm grande potencial para proporcionar essa transição

para um sistema energético ambientalmente sustentável. O mundo despertou para a preocupação com o meio ambiente de forma integrada quando da realização da ECO92, a Conferência Mundial para o Desenvolvimento e o Meio Ambiente, realizada no Rio de Janeiro em 1992 no âmbito das Nações Unidas. Uma análise da situação ambiental mundial antes dessa data e desta até o presente mostra resultados alarmantes [1]. Embora o uso de produtos que são fontes de gases halogênicos estratosféricos sob ação de radiação solar ultravioleta e que atuam como destruidores da camada de ozônio tenha reduzido cerca de 68%, permitindo o prognóstico de que haja recuperação significativa da camada de ozônio até a metade desse século, outros resultados apresentaram piora marcante. A disponibilidade per capita mundial de recursos de água fresca decresceu no período 26%, principalmente devido ao acréscimo populacional de 35,5%. Além disso, houve um aumento de 75,3% na quantidade de zonas marinhas litorâneas consideradas mortas, sobretudo por causa do vazamento de fertilizantes e do uso de combustíveis fósseis, o que associado a um aumento anual das emissões de CO₂ em

62,1% e a uma redução de 2,8% na área total de florestas, afetou drasticamente a biodiversidade ao diminuir em 28,9% a abundância de espécies de vertebrados. Acrescente-se a isso o fato de que houve desde 1992 um aumento de 167,6% na temperatura global e que os 10 anos mais quentes em cômputo feito nos últimos 136 anos ocorreram desde 1998 e, dentre, esses, o ano mais quente da série foi 2016.

Como já havia sido previsto, a era do petróleo não terminará por falta dele, mas por causa dos efeitos deletérios do uso de combustíveis fósseis. Contudo, é curioso constatar a evolução no uso de combustíveis experimentado pela nossa sociedade e que há uma descarbonização progressiva em curso, desde o uso intensivo da madeira, depois do carvão, do petróleo e do gás natural [2], sendo ainda hoje todos usados simultaneamente. Além disso, há também uma agregação crescente de densidade energética ao se passar de um a outro combustível e, principalmente, o acréscimo contínuo do teor de hidrogênio. A transição para a era da Energia do Hidrogênio é considerada inexorável e ela se fará com participação marcante das energias renováveis.

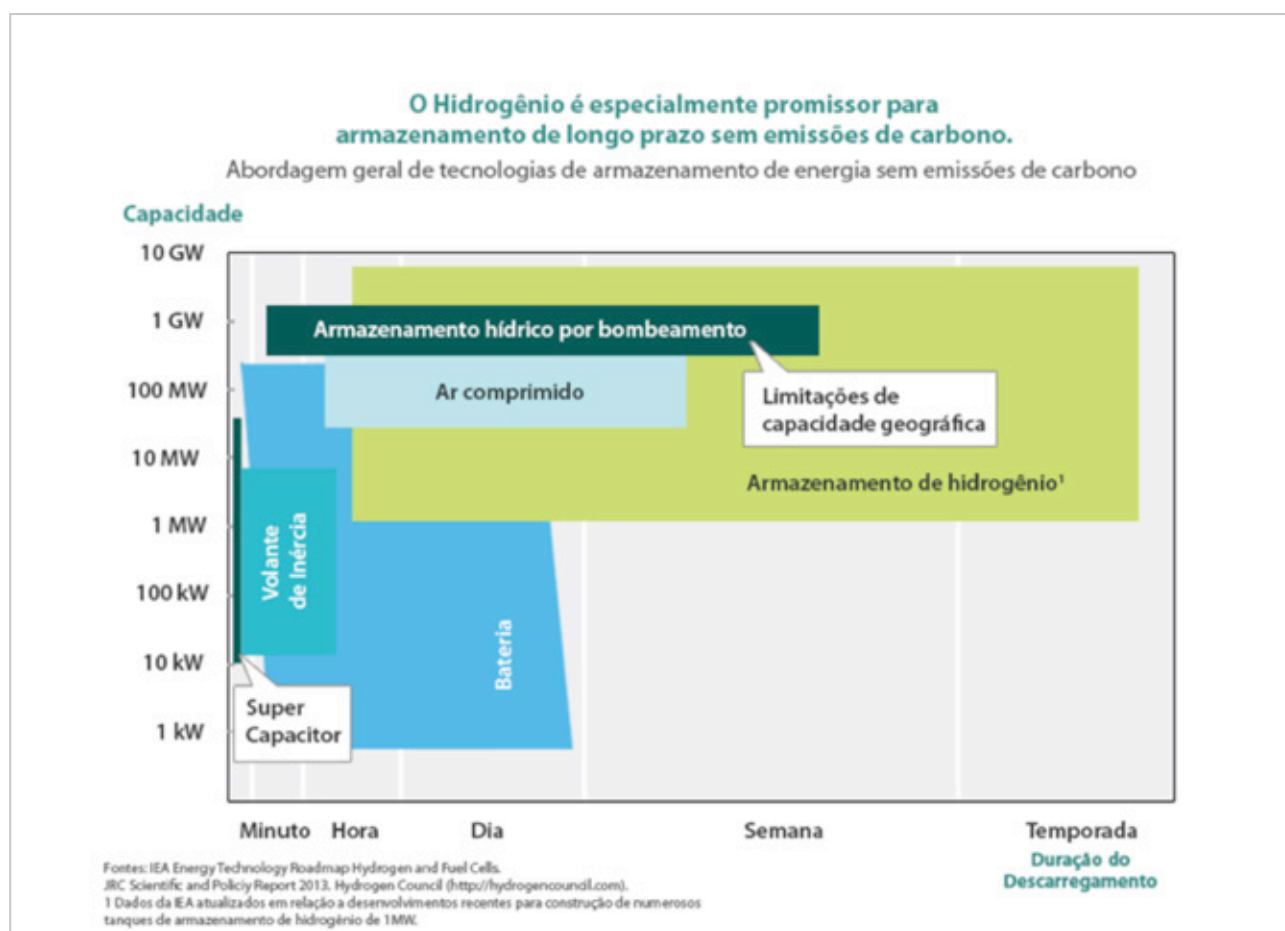
O hidrogênio é um vetor energético. Trata-se de um portador de energia versátil, limpo e seguro, que pode ser usado para produzir eletricidade, calor, potência e ainda encontra aplicação como matéria prima na indústria. O hidrogênio pode ser armazenado e transportado com alta densidade energética nos estados líquido ou gasoso e deve ser produzido a partir de matérias primas que o contêm e uma fonte energética. A quase totalidade das 60 milhões de toneladas de hidrogênio usadas anualmente no mundo, ainda como um produto químico, nas indústrias química, petroquímica, siderúrgica, alimentícia e mecânica, é produzida a partir da reforma a vapor do metano, que, por isso, constitui o seu método mais econômico de produção. Consequências diretas desse conhecimento acumulado incluem agregar técnicas de captura e armazenamento ou de reutilização do CO₂ gerado ou ainda do uso de bio-metano para zerar as emissões de carbono na produção de hidrogênio. Isso também pode ser alcançado através da produção de

hidrogênio por eletrólise da água usando energias renováveis ou através da gaseificação de biomassas, o que abre uma imensa perspectiva para o Brasil.

81,7% da energia elétrica gerada no Brasil em 2016 teve origem renovável, sendo 68,1% produzida em usinas hidrelétricas [3]. Elas oferecem as possibilidades de utilizar energia vertida turbinável e o excesso de geração em relação à demanda resultante da operação das turbinas em regime permanente com alta potência para a produção de hidrogênio por eletrólise da água. Além disso, as energias eólica, principalmente, e solar experimentam crescimento significativo no país e o uso de energias do mar representam um potencial adicional a ser explorado para aplicação da eletrólise. No último ano, houve um aumento de 55% na geração eólica do país. Fortuitamente, o período de secas, no inverno, que prejudica a disponibilidade hidrelétrica, coincide com a maior disponibilidade eólica e com a safra da cana de açúcar, a qual oferta grandes toneladas de biomassa. Considerando ainda a importância do agronegócio no país, tem-se admirável disponibilidade adicional de biomassas e o potencial de geração solar do país é marcante durante o ano.

Estes fatos habilitam o Brasil a produzir hidrogênio para fins diversos e também para utilizá-lo como forma de gerar e armazenar energia. A Figura 1 mostra uma comparação entre diferentes formas de armazenamento de energia sem emissões de carbono, levando em conta a potência armazenada em função do tempo para descarregá-la. Os supercapacitores e volantes de inércia têm capacidade de pequena a média, com tempos muito pequenos para o descarregamento. As baterias armazenam potências maiores, desde que não seja por tempos elevados. Ainda podem-se realizar armazenamentos de energia com ar comprimido e através do bombeamento hídrico com potências elevadas, por tempo de descarregamento da ordem de grandeza de semanas. Mas, como se observa, somente o hidrogênio é capaz de armazenar elevadas potências por tempos prolongados, que atingem temporadas entre estações do ano, e o caracteriza como o portador de energia que é capaz de armazenar grandes quantidades de energia.

Figura 1 – Comparação entre métodos de armazenamento de energia sem emissões de carbono.



Adaptado da ref. 4.

Uma vez produzido e armazenado em tanques pressurizados ou até em cavernas salíferas ou aquelas total ou parcialmente exauridas de combustíveis fósseis, existem várias opções para o transporte seguro do hidrogênio. Estas incluem aquelas já utilizadas para o transporte de combustíveis fósseis, tais como sob formas gasosa ou líquida em caminhões ou navios e o bombeamento de hidrogênio gasoso em tubulações próprias para tal ou por compartilhamento com a infraestrutura existente para o transporte do gás natural. Além disso, há a alternativa do uso de carreadores orgânicos líquidos de hidrogênio para armazenamento e transporte, tal como a amônia.

O uso energético do hidrogênio é baseado nas pilhas a combustível, dispositivo que provavelmente representará para o Século XXI importância análoga a que tiveram os

computadores no Século XX. Tratam-se de conversores de energia de alta eficiência, por fazerem a conversão da energia química do combustível em energia elétrica e calor através de reações eletroquímicas, por isso, não limitadas pelo Ciclo de Carnot, como o são as máquinas térmicas. Dentre os diversos tipos de pilhas a combustível existentes, duas tecnologias se destacam em nichos de aplicação atualmente. Uma delas é a pilha a combustível com eletrólito de membrana polimérica, PEM, e a outra é a pilha a combustível de óxido sólido, PaCOS. Para ambas o hidrogênio é o melhor combustível, sendo que a PEM é muito sensível à presença de monóxido de carbono como contaminante, o qual prejudica progressivamente a atividade eletrocatalítica do seu anodo. A PaCOS, que funciona em altas temperaturas, é muito versátil na opção de combustíveis, possibilitando o uso direto do

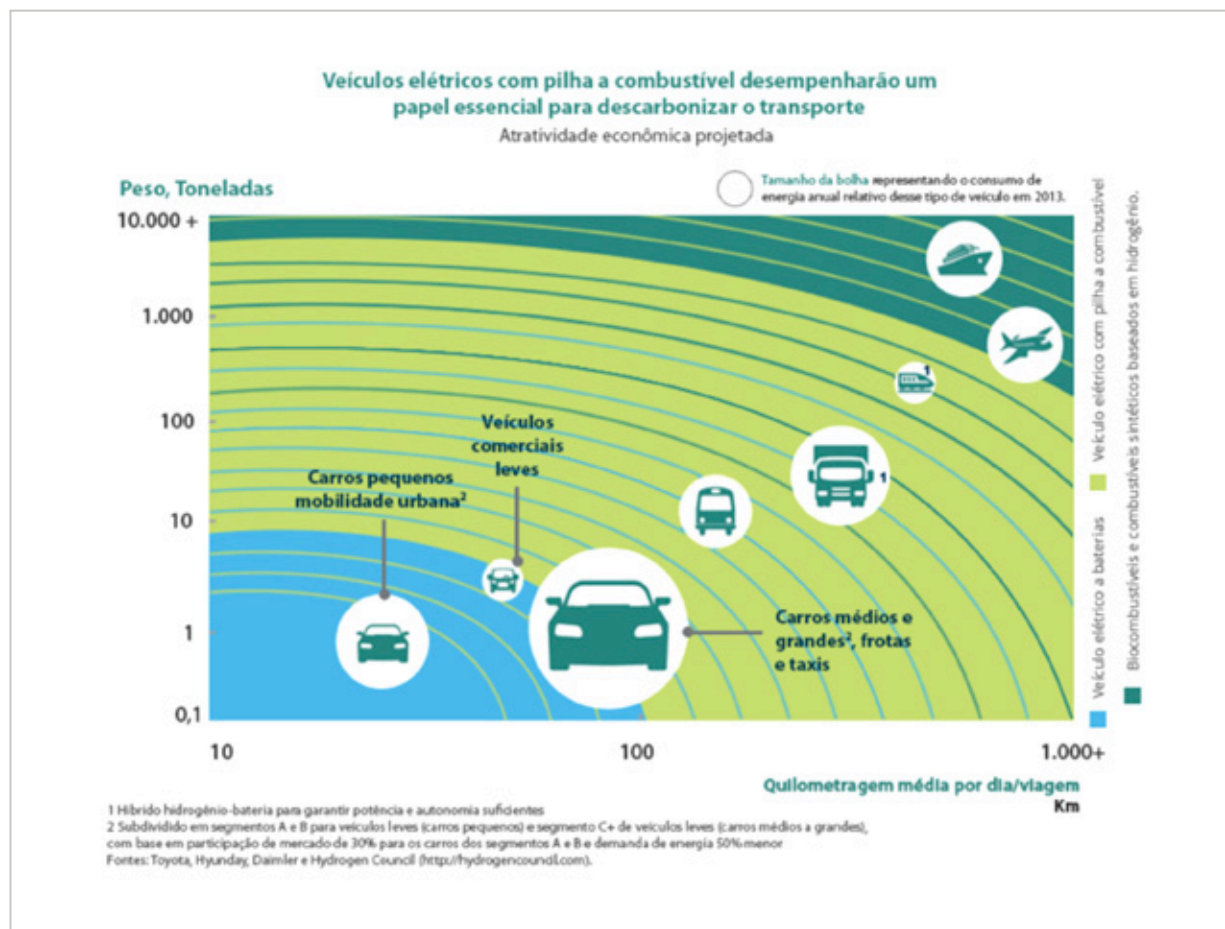
etanol [4], do metano [5] e até do monóxido de carbono, sendo, entretanto, sensível à presença de enxofre. Uma parceria público-privada criada no Japão implantou, usando a sua rede de distribuição de gás natural, a geração distribuída de eletricidade e calor com sistemas PEM e PaCOS de baixa potência em mais de 200.000 residências. Há perspectivas de que até 2020 os subsídios hoje existentes já sejam significativamente reduzidos ou retirados e que a rede se expanda para 1,4 milhão de residências, coincidindo com as primeiras Olimpíadas da Era do Hidrogênio naquele país, quando automóveis e ônibus comporão mobilidade urbana elétrica com uso de hidrogênio. A eletrificação do transporte com uso de hidrogênio é uma tendência mundial. Embora todas as grandes empresas automobilísticas tenham atualmente veículos a hidrogênio, alguns já comerciais, e que a rede de estações de abastecimento de hidrogênio existente hoje no mundo supere 300 unidades e deverá ultrapassar 1.000 em 2020, são os ônibus o principal foco das aplicações atuais. Estes são silenciosos, não poluentes, com elevada taxa de disponibilidade para o uso, confortáveis para o motorista e passageiros, constituem transporte de massa e têm a vantagem de realizar abastecimento centralizado, na garagem, o que simplifica a infraestrutura requerida. A União Europeia lançou edital de compra de mais de 600, a China busca adquirir 2.000 e o Brasil desenvolveu a sua própria tecnologia para o setor [5]. Este poderá ser um fator importante para o combate à poluição urbana em grandes metrópoles brasileiras, onde o seu uso é intenso. Cerca de 18.000 ônibus rodam na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Facilita esta investida o fato de o Brasil ser um grande produtor de ônibus, com fábricas nacionais. Fato que não ocorre no âmbito dos automóveis, já que o amplo espectro de fábricas aqui instaladas é constituído por empresas estrangeiras. O Brasil tem hoje vantagem relativa a outros países por ter sido o único país do mundo a já ter feito uma transição de combustível automobilístico em larga escala e com sucesso, mas seus fabricantes de veículos com motores flexfuel são transnacionais e poderão, eles próprios, migrar para outra tecnologia não dominada no país.

O passo a ser dado agora no mundo e no Brasil é a descarbonização do transporte, em todos os níveis. Isso deverá ser feito com o uso de veículos de emissão nula

com motorização a hidrogênio, tais como os veículos elétricos com pilhas a combustível, assim como com os veículos elétricos a baterias e ainda com as combinações híbridas daí resultantes. A Figura 2 explora estas opções para diferentes modos de transporte, considerando a capacidade de carga a ser transportada e a autonomia diária ou por viagem. Os veículos de frotas empresariais, tais como os veículos comerciais leves e os ônibus, representam nichos atuais de aplicação da mobilidade elétrica com hidrogênio, pela decrescente diferença financeira com os convencionais, as facilidades em termos de infraestrutura requerida para reabastecimento e manutenção e, principalmente, pelas imensas vantagens ambientais. Em algumas cidades, como em Stuttgart, na Alemanha, a população decidiu acionar judicialmente a prefeitura por não lhe prover ambiente urbano despoluído.

A Parceria Internacional para o Hidrogênio e Pilhas a Combustível na Economia – IPHE (www.iphe.net), que congrega vários países, dentre os quais o Brasil, incentiva o estabelecimento de políticas públicas nacionais e regionais sobre energia do hidrogênio. A Agência Internacional de Energia estabeleceu um roteiro tecnológico para a adoção do uso do hidrogênio e de pilhas a combustível para fins energéticos (<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TechnologyRoadmapHydrogenandFuelCells.pdf>), e o Hydrogen Council (<http://hydrogencouncil.com>) tomou a decisão de investir pelo menos 2 bilhões de Euros nos próximos 5 anos para implantar a energia do hidrogênio no mundo. Em nível nacional, foi recentemente criada a Associação Brasileira do Hidrogênio, a qual participa da organização da Conferência Mundial de Energia do Hidrogênio (www.whec2018.com), que ocorrerá no Rio de Janeiro de 17 a 22 de junho de 2018, 26 anos depois da realização da ECO 92. Estes fatos demonstram de forma contundente a inexorabilidade do uso energético do hidrogênio no futuro próximo. Isso contribuirá para a descarbonização do atual sistema de energia e envolverá o aumento da eficiência energética, o decréscimo no uso de combustíveis fósseis, o maior uso de energias renováveis intermitentes, a diminuição da emissão de poluentes, que trará efeitos positivos sobre o clima através do aumento no uso de portadores de energia com emissão nula, tais como a eletricidade e o hidrogênio.

Figura 2 – Comparação entre métodos de armazenamento de energia sem emissões de carbono.



Adaptado da ref. 4.

REFERÊNCIAS

1. William J. Ripple, Christopher Wolf, Mauro Galetti, Thomas M Newsome, Mohammed Alamgir, Eileen Crist, Mahmoud I. Mahmoud, William F. Laurance, "World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice", BioScience, in-press, 2017.
2. P. E. V. de Miranda, "Combustíveis – materiais essenciais para prover energia à nossa sociedade", Matéria, Vol. 18, No.3, 2013.
3. Balanço Energético Nacional, Empresa de Pesquisa Energética, Ministério de Minas e Energia, https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf, 2017.
4. "How Hydrogen Empowers the Hydrogen Transition", Hydrogen Council, <http://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2017/06/Hydrogen-Council-Vision-Document.pdf>, 2017.
5. P.E.V. de Miranda, S.A. Venâncio, H.V. de Miranda, "Method for the direct oxidation and/or internal reforming of ethanol, solid oxide fuel cell for direct oxidation and/or internal reforming of ethanol, catalyst and multifunctional electrocatalytic anode for direct oxidation and/or internal reforming of ethanol". US Patent 9,431,663 B2, August 30, 2016.
6. P.E.V. de Miranda et al., "Method for the production of light hydrocarbons from gas with high methane content, a solid oxide fuel cell used for the production of light hydrocarbons from gas, with high methane content, and a catalyst for the production of light hydrocarbons from gas with high methane content". US Patent 9,281,525 B2, March 8, 2016.
7. P.E.V. de Miranda, E.S. Carreira, U.A. Icardi, G.S. Nunes, "Brazilian hybrid electric-hydrogen fuel cell bus: Improved on-board energy management system", International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 42, pp. 13949 – 3959, 2017.



Paulo Emílio V. de Miranda. Possui Graduação, Mestrado e Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e pós-doutoramentos na École Centrale de Paris e na Université de Paris-Sud, França. É Professor Titular da Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, onde atua nos Programas de Engenharia Metalúrgica e de Materiais e de Engenharia de Transportes, do Instituto Alberto Luiz Coimbra de PósGraduação e Pesquisa em Engenharia, COPPE/UFRJ, e da Escola Politécnica, onde dirige o Laboratório de Hidrogênio. Realiza trabalhos de pesquisa e desenvolvimento em áreas relacionadas ao uso energético do hidrogênio, tais como: pilhas a combustível de óxido sólido; desenvolvimento de ônibus e embarcações com tração/propulsão elétrica em sistema híbrido com pilha a combustível; barreiras de difusão para o hidrogênio através de nitretação iônica por plasma pulsado e inovação tecnológica. Possui 15 patentes depositadas, sendo 7 concedidas. É Presidente da Associação Brasileira do Hidrogênio; Representante brasileiro na Parceria Internacional para o Hidrogênio e Pilhas a Combustível na Economia, IPHE; Membro do Corpo de Diretores da Associação Internacional de Energia do Hidrogênio, IAHE; Membro do Comitê Consultivo do Fórum Europeu de Pilhas a Combustível, EFCF; Presidente da Conferência Mundial de Energia do Hidrogênio, WHEC 2018; Editor da revista Matéria.

Este texto foi extraído do Boletim de Conjuntura do Setor Energético - Dezembro/2017.

Veja a publicação completa no nosso site: fgvenergia.fgv.br

Este texto é de inteira responsabilidade do autor e não reflete necessariamente a linha programática e ideológica da FGV.



fgv.br/energia

