

Conclusões

A verificação do desempenho, dentro do reator, desses elementos combustíveis de próxima geração –16NGF – teve início em 25 de janeiro de 2005, quando a Unidade 2 da central de Kori, na Coreia do Sul, retornou à operação contendo em seu núcleo 4 EC's, "Lead Test Assemblies", do modelo 16NGF. Um programa de acompanhamento desta irradiação foi elaborado pela KNFC, que inclui inspeções periódicas nos combustíveis nas paradas de recarga, para avaliação do comportamento.

Em abril de 2007 foi realizada a segunda inspeção desse combustível e, em abril de 2008, será inserida uma recarga completa com este combustível na Unidade de Kori 2.

Um programa equivalente para Angra 1 está sendo preparado, porém, devido à operação de troca do gerador de vapor desta central, o carregamento deste novo combustível está atrasado. Os quatro "lead test assemblies" serão inseridos em Angra 1 somente em

agosto de 2007. Eles deverão seguir um procedimento de inspeção similar ao de Kori 2.

É de interesse das partes associadas neste projeto que o fornecimento de componentes do combustível 16NGF seja globalizada para se tirar maior proveito da otimização dos custos de produção. Assim, o escopo de suprimentos foi dividido entre os três fabricantes, sendo as partes fornecidas por cada um realizadas para as três centrais nucleares gêmeas.

Os bocais superiores e inferiores do elemento são fabricados no Brasil pela INB. A parte de tubos de revestimento é fabricada pela Westinghouse e os conjuntos das grades do elemento fabricados pela KNFC.

Esta divisão de mercado já está sendo cumprida para os "lead test assemblies".

Roberto G. Esteves - Ph.D. em Engenharia Nuclear pela UCLA, Professor Titular da escola de engenharia da UFF, Ex-Presidente da INB, foi o Project Manager do projeto do 16NGF pelo lado brasileiro, quando superintendente de Engenharia do Combustível da INB. resteve@globom.com



Os rumos da energia

Eng. Newton Reis de Moura

Introdução

Muito tem se falado do futuro da humanidade e da necessidade cada vez maior de se obter fontes de energia para suprir a crescente demanda mundial. Os países emergentes, principalmente a China e a Índia, estão conseguindo manter taxas altíssimas de crescimento econômico nos últimos anos, com grande expansão da exportação de seus produtos, criando um círculo virtuoso por causa do aumento do volume de negócios, trazendo benefícios para todos. Seguindo a mesma tendência, o Brasil também tem conseguido obter sucessivos recordes na sua balança comercial.

Mas isso tudo tem um preço. O desenvolvimento do homem sempre esteve associado ao domínio de fontes de energia. No início dos tempos o homem conseguiu dominar o fogo. Depois veio a era da madeira, do carvão e do petróleo. O desenvolvimento da humanidade sempre esteve intimamente ligado à necessidade de energia.

O progresso vem tendo crescimento exponencial desde a Revolução Industrial, que só foi possível devido ao domínio do ciclo de vapor. Isso levou ao aumento do consumo do carvão, fonte de energia disponível na

época. O domínio da eletricidade trouxe a necessidade de se construir centrais de geração de energia, primeiro através das hidroelétricas e depois das termoeletricas. O petróleo possibilitou o desenvolvimento dos veículos automotivos e a expansão da indústria em geral.

Para manter esse crescimento tecnológico, é necessário ter fontes de energia disponíveis que sejam capazes de atender a uma demanda energética crescente. O petróleo cumpre essa tarefa na atualidade, mas está próximo o momento das reservas mundiais começarem a declinar. Na realidade, o petróleo não irá acabar como muitos cenários estão prevendo, mas ele deixará de ser a principal fonte de energia nas próximas décadas. Como o valor dessa *commodity* está bastante elevado no mercado internacional, chegando a US\$ 70 o barril, isso acaba por viabilizar outras fontes energéticas, ou até mesmo a exploração de reservas não convencionais que não eram comerciais. Com o custo atual do petróleo, viabilizou-se, por exemplo, o aproveitamento comercial das areias betuminosas existentes no Canadá, possibilitando incorporar grandes reservas de petróleo naquele país. O Brasil busca solução em exploração em águas ultra profundas. O país está na vanguarda em tecnologia de exploração e produção marítima devido aos esforços da Petrobras. Sucessivos recordes de produção em águas cada vez mais profundas deverão ser batidos. O preço atual do petróleo permite isso!

Mas o problema de um desenvolvimento econômico e tecnológico nas taxas atuais é conseguir encontrar matérias primas e fontes de energia suficientes para manter esse crescimento. O planeta Terra não teria

recursos naturais suficientes para atender a demanda mundial caso os habitantes de todos os países tivessem um padrão de vida equivalente ao do americano. A China, com as taxas de crescimento verificadas nas duas últimas décadas e sua enorme população, vem provocando o aumento do preço de diversas *commodities* no mercado internacional. Este ano, a China ultrapassou os EUA em emissões de CO₂. O problema é grave!

Sustentabilidade

Até recentemente, a grande preocupação dos países e das empresas era o crescimento econômico sem levar em conta o impacto que as atividades industriais trariam ao meio ambiente e também à sociedade. Com base no conceito puramente de avanços tecnológicos e ganhos econômicos, as nações ricas chegaram ao atual estágio de desenvolvimento sem se importarem com os prejuízos à natureza e à sociedade durante o processo de desenvolvimento.

Na medida em que a sociedade foi se conscientizando de que as atividades industriais afetavam diretamente o seu bem estar, ela passou a exigir processos menos danosos ao meio ambiente. Hoje em dia, as empresas sabem que, caso alguma atividade venha a causar algum acidente ecológico, terá a sua imagem afetada perante a sociedade, correndo o risco de perder mercado, além das pesadas multas que deverão ser aplicadas pelos órgãos competentes.

Com a preocupação de que as atividades afetem

o mínimo possível o meio ambiente e que possam beneficiar também a sociedade em geral, foi desenvolvido o conceito de sustentabilidade. No livro *Energia Elétrica para o Desenvolvimento Sustentável*, de Lineu Bêlico dos Reis, pode-se encontrar um conceito de sustentabilidade bastante interessante, definido no relatório "Nosso Futuro Comum". Segundo esse relatório, desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades das gerações presentes sem afetar a capacidade das gerações futuras de também satisfazerem suas próprias necessidades.

Percebe-se então que o desenvolvimento sustentável deve satisfazer a três áreas distintas: tecnológica (ou econômica), social e ambiental. Qualquer empresa que queira sobreviver em um ambiente altamente competitivo, deve levar em conta as premissas da sustentabilidade.

A PETROBRAS, ao avaliar os novos empreendimentos ou o desenvolvimento de novas tecnologias, sempre opta por aqueles que tenham a maior sustentabilidade possível. No Centro de Pesquisas da Petrobras (CENPES), foi criada uma gerência geral responsável por esse tema, denominada Pesquisa & Desenvolvimento de Gás, Energia e Desenvolvimento Sustentável. Essa gerência geral tem como missão desenvolver projetos de P&D que apresentem soluções tecnológicas que causem o menor impacto ambiental possível e que tragam benefício para a sociedade. Essa gerência geral colabora para que a PETROBRAS venha a se tornar uma empre-

Nota do Editor:
Relatório
da United
Nations World
Commission on
Environment
and
Development
(WCED)
publicado em
1987 com o
título "Our
common
future".



"O problema de um desenvolvimento econômico e tecnológico nas taxas atuais é conseguir encontrar matérias primas e fonte de energia suficientes para manter esse crescimento."

sa de energia com atividades que sejam sustentáveis.

Percebe-se que a atividade humana sempre foi extremamente predatória, incluindo na área de energia. Ao se olhar para o futuro, a equação a ser resolvida é como atender a crescente demanda por energia em todos os segmentos econômicos a nível mundial sem trazer prejuízo ao meio em que vivemos e de que tanto necessitamos dos seus recursos para continuarmos a viver. Essa é uma questão que ainda não foi respondida e que tem propiciado muitos estudos e pesquisas.

As energias renováveis

Na atualidade, muito tem se investido na procura de soluções a curto e médio prazo para atender ao grande aumento da demanda por energia no mundo sem afetar o meio ambiente. Os combustíveis fósseis ainda terão participação significativa na matriz energética mundial, mas as novas unidades de geração de energia terão maiores restrições para emitir os gases de efeito estufa (conhecido pela sigla GEE).

Diversos cenários buscando determinar como será a matriz energética mundial têm sido montados. Todos eles apontam para o aumento do uso de fontes renováveis. Isso se deve principalmente por causa do aumento do custo do petróleo. A grande vantagem dessas fontes é que estão sempre disponíveis na natureza e não contribuem para o agravamento do aquecimento global. Muitas delas, tais como a eólica e a solar, começam a despontar na matriz energética de alguns países, principalmente os europeus.

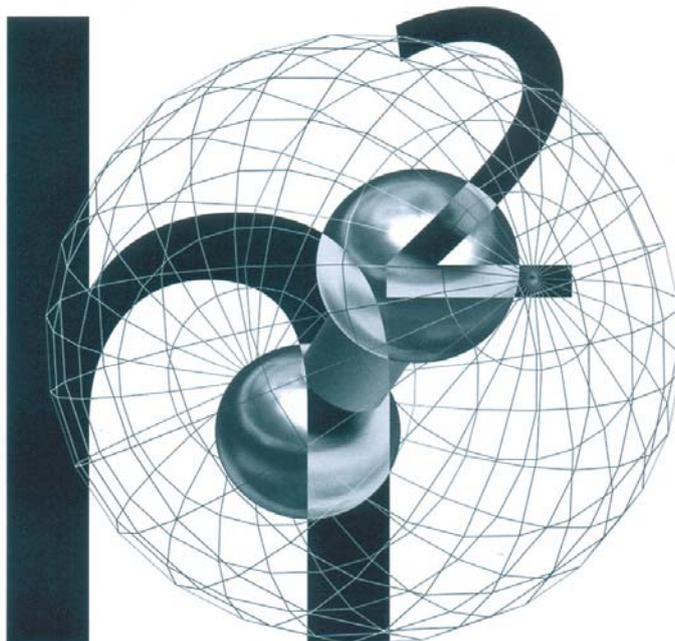
Até a energia nuclear teria vez nesses cenários futuristas pois, apesar do risco de radiação, que pode ser minimizado com os novos projetos que estão sendo desenvolvidos como o reaproveitamento do combustível usado nos reatores das usinas, ela não emite nenhum GEE. Outro combustível, que não é encontrado livre na natureza, mas que está sendo considerado como sendo uma ótima solução para uso em residências ou em veículos e que só emite água, é o hidrogênio.

Hidrogênio

Atualmente, o hidrogênio está sendo apontado como o combustível do futuro, ou aquele que irá substituir os combustíveis fósseis, principalmente para aplicação veicular. A sua maior vantagem seria a queima limpa, ou seja, sem nenhuma emissão dos gases de efeito estufa. O hidrogênio é um elemento de grande abundância na Terra, portanto não será escasso no futuro.

O problema do hidrogênio é que ele não é encontrado na forma livre na natureza, pois está sempre associado a outros elementos, formando moléculas de outras substâncias, como a água e os hidrocarbonetos. Portanto, haverá a necessidade de se desenvolver meios eficientes de produção de hidrogênio, com baixo consumo de energia, e sem aumentar a emissão dos gases de efeito estufa para a atmosfera durante essa operação.

Muitos modelos vêm sendo montados para mostrar quais são os gargalos tecnológicos para a inserção do hidrogênio na economia de diversos países, tendo como meta chegar a uma economia do hidrogênio. Por conta desses estudos, existem diversas linhas de



pesquisa e desenvolvimento na tentativa de viabilizar economicamente o hidrogênio, a saber: criação de infra-estrutura necessária para produção e distribuição desse energético, aumento da densidade energética na estocagem, aperfeiçoamento das tecnologias de produção de hidrogênio, desenvolvimento de tanques mais leves, etc. Para criar uma infra-estrutura eficiente, será necessária a construção de centrais de produção de hidrogênio e de gasodutos para sua distribuição, bem como a construção de postos de abastecimento. Com relação ao aumento da densidade energética de estocagem do hidrogênio, a principal linha de pesquisa é o desenvolvimento de hidretos metálicos, cuja meta é a estocagem a pressões mais baixas. Hoje

em dia, o hidrogênio é abastecido a uma pressão de 350 bar, mas existem estudos que apontam a viabilidade de aumentar essa pressão para 700 bar. Inclusive já existem alguns postos abastecendo a essa pressão.

Diversos países estão investindo pesadamente para tornar a economia do hidrogênio uma realidade em poucos anos. Existem muitas parcerias em andamento, podendo ser comerciais, como a *California Fuel Cell Partnership*, na qual diversas montadoras, empresas de energia, fornecedores de célula a combustível e fabricantes de hidrogênio buscam soluções para viabilizar os chamados ZEV, *Zero Emission Vehicles*. Uma parceria internacional existente, com representantes oficiais dos ministérios dos países membros, da qual o Brasil faz parte, e que procura traçar políticas comuns para viabilizar a economia do hidrogênio nos próximos anos é o IPHE – *International Partnership for the Hydrogen Economy*. Por sua vez, a Agência Internacional de Energia (IEA – *International Energy Agency*) possibilita diversas parcerias internacionais, que são mais técnicas, identificando quais são os maiores gargalos tecnológicos e propõe projetos a serem executados em parceria entre diversos laboratórios de diferentes países.

Outra ação internacional que está em andamento é em padronização. A ISO – *International Standardization Organization* tem um Comitê Técnico (*Technical Committee*), de número 197 (TC-197) que é responsável pela elaboração de normas internacionais para o hidrogênio energético. Já o TC 105 do IEC (*International Electrotechnical Commission*) trata da normalização internacional de células a combustível. O Brasil faz parte desses Comitês Técnicos através da ABNT (Associação Brasileira de Norma Técnicas), que é representada pela CEET (Comissão de Estudo Especial Temporária) em Tecnologias de Hidrogênio.

Atualmente já existem alguns postos de abastecimento de hidrogênio espalhados em diversas cidades nos Estados Unidos, Canadá, Europa, Japão e Coreia do Sul. Esses postos não são iguais entre si, alguns têm sistema de produção de hidrogênio, outros recebem caminhões contendo hidrogênio na forma líquida ou na forma comprimida.

Existem duas linhas tecnológicas em desenvolvimento, distintas entre si, para a produção de hidrogênio num posto, a saber: eletrólise da água, onde os elementos hidrogênio e oxigênio que formam a molécula da água são separados e recombinados em moléculas de hidrogênio (H_2) e de oxigênio (O_2). Essa tecnologia tem como desvantagem um grande consumo de energia elétrica. A outra linha seria através da reforma de um combustível, predominantemente composto de átomos de carbono e de hidrogênio. O combustível passa em um reformador, que é um forno especial com catalisadores submetido a altas temperaturas, no qual ocorre a quebra das ligações atômicas liberando o carbono e o hidrogênio, formando, após uma rea-

ção de *shift*, moléculas de H_2 , H_2O e CO_2 .

Os modelos totalmente sustentáveis prevêem sistemas de produção de hidrogênio por eletrólise da água a partir de uma fonte primária renovável, como a energia eólica ou solar. Esses sistemas não emitiriam nenhum GEE e gerariam um combustível que emite somente água. O posto da Argentina, localizado em Pico Truncado, segue essa filosofia, pois aproveita o grande potencial de energia eólica existente na região para gerar a energia necessária para a eletrólise da água.

Outra forma sustentável de produção de hidrogênio seria através do aproveitamento da água que é vertida nas hidroelétricas nos momentos de baixo consumo de energia elétrica, principalmente à noite. Como água vertida é sinônimo de não aproveitamento da sua energia, a geração de hidrogênio seria uma solução para evitar esse desperdício.

A reforma de combustível fóssil é considerada uma forma não-sustentável de produção de hidrogênio, pois há emissão de CO_2 . O combustível preferível para isso é o gás natural, por causa da sua alta relação H/C. Apesar do gás natural ser uma fonte de energia fóssil, como na sua composição química a participação do metano (CH_4) é superior a 86%, a relação de hidrogênio e carbono é bem maior do que a dos demais combustíveis fósseis, como a gasolina, o diesel e o carvão.

Por que a relação H/C é tão importante na análise das emissões atmosféricas? A combustão de um hidrocarboneto gera CO_2 ($2C + O_2 \Rightarrow CO_2$), H_2O ($H_2 + \frac{1}{2} O_2 \Rightarrow H_2O$) e CO , quando a combustão é incompleta. Portanto, quanto maior for a relação H/C no combustível, maior será a emissão de H_2O em relação à emissão de CO_2 , que é, conforme visto, o grande vilão de gases de efeito estufa.

Outra forma sustentável de produzir hidrogênio seria através da reforma utilizando os biocombustíveis, como o etanol, pois as emissões líquidas de CO_2 são consideradas nulas. Essa análise é feita para todo o ciclo do vegetal, desde o seu plantio, quando o carbono presente na atmosfera é fixado pelo processo de fotossíntese, colheita, processamento e combustão final, quando o carbono é devolvido ao ambiente. Existem no Brasil alguns grupos que estão desenvolvendo esse tipo de reformador.



O hidrogênio pode ser utilizado em motores de combustão interna (ciclo Otto), tanto em aplicação estacionária como veicular, podendo estar puro, ou misturado ao gás natural. A BMW, por exemplo, lançou recentemente um veículo movido a 100% de hidrogênio. Mas algumas pesquisas mostraram que é possível usar a mistura de hidrogênio no gás natural, até certo limite, sem afetar o desempenho do motor movido a GNV. Provavelmente essa deverá ser uma maneira de inserção desse energético na matriz de combustíveis em diversos países.

Mas o equipamento na qual se espera utilizar o hidrogênio é a célula a combustível. A geração de energia elétrica é feita por um processo eletroquímico. Esse processo consiste em o hidrogênio passar por um catalisador para separar o próton do elétron. O próton permeia um eletrólito enquanto o elétron passa por um circuito externo para produção de trabalho (alimentação de bateria, utilização em motor elétrico, acendimento de uma lâmpada, etc). O ar atmosférico é soprado no outro lado do eletrólito para permitir que o oxigênio se combine com o próton e o elétron, formando H_2O . Ou seja, a única emissão de uma célula a combustível é a água.

Os processos eletroquímicos não estão limitados à máxima eficiência de Carnot. Por isso a célula a combustível (sem considerar o consumo dos equipamentos periféricos) tem, teoricamente, uma eficiência superior à dos motores térmicos, sendo essa a sua maior vantagem, além de não emitir GEE.

A grande desvantagem dessa tecnologia é o seu alto custo. Até o momento não foi possível a sua inserção no mercado por causa dos custos proibitivos e também porque ainda não se conseguiu obter um tempo de vida numa aplicação veicular por um período superior a 4.000 horas. A meta é chegar em 5.000 h.

Diversos países, como EUA, Japão, Canadá, França e outros estão investindo maciçamente no desenvolvimento das células a combustível. A Ballard, uma

das empresas de ponta nessa tecnologia, prevê que a célula a combustível deverá estar comercial em poucos anos somente para aplicação em empilhadeiras e em residências. Já para aplicação automotiva, a expectativa é que esteja disponível para o mercado em menos de 10 anos.

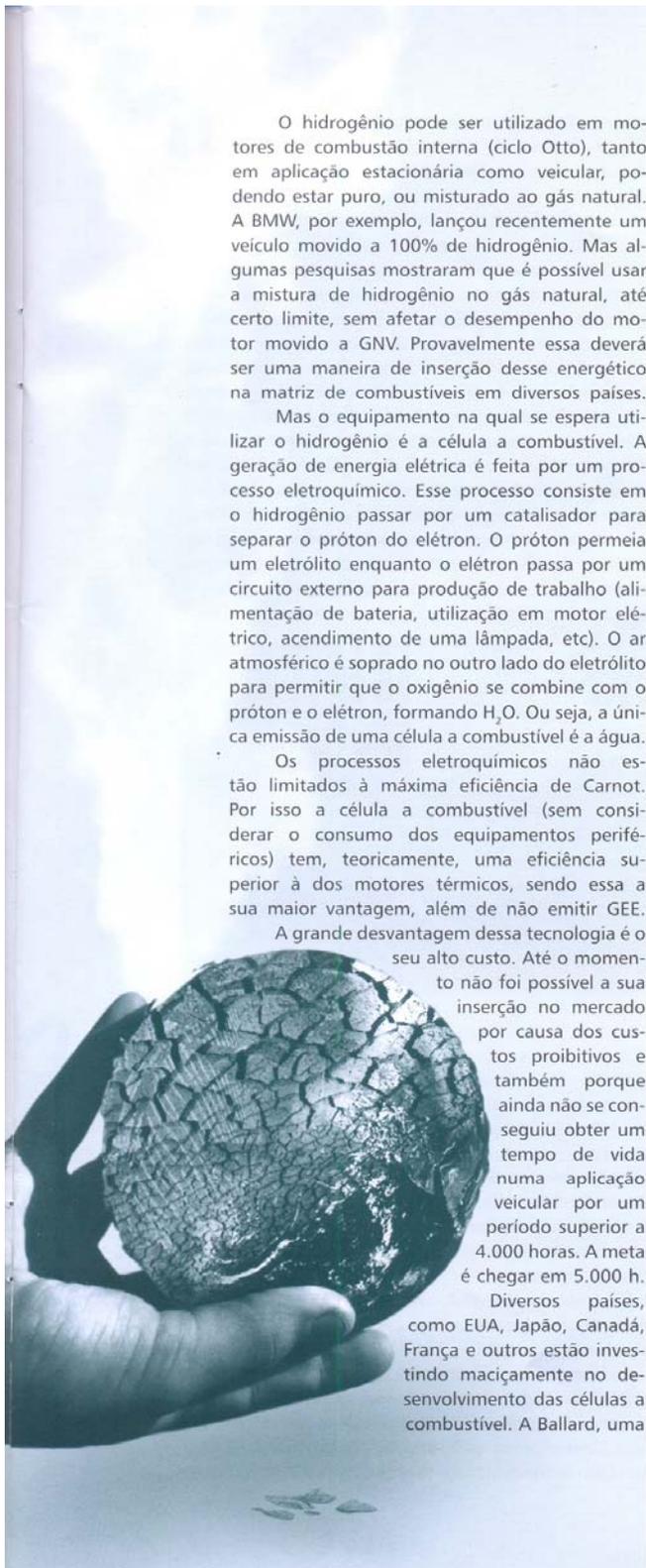
Ciclos térmicos

Apesar do impacto que as termoeletricas causam ao efeito estufa, ainda não existe tecnologia a um custo compatível para geração de energia elétrica para atender a demanda de um país. A hidroeletricidade não é considerada como solução a nível mundial porque o potencial hidráulico na maioria dos países é limitado. A energia nuclear ainda está sujeita a diversas críticas, além do que poucos países têm tecnologia e condições financeiras para a construção de novas centrais nucleares. Existe também o risco de se usar essa energia para fins bélicos.

O principal problema dos sistemas energéticos térmicos é a baixa eficiência dos equipamentos (motores, turbinas) ou dos ciclos. Uma central termoeletrica baseada apenas no ciclo do vapor (conhecido como ciclo Rankine) tem uma eficiência em torno de 40%. Uma turbina a gás operando nas condições ISO (15 °C e 1 atm) tem máxima eficiência de 42%. Em países quentes, como o Brasil, essa eficiência cai significativamente. O ciclo da turbina a gás é conhecido como ciclo de Brayton.

Verificou-se que a energia térmica disponível nos gases de exaustão tanto na caldeira como na turbina a gás poderia ser reaproveitada. Hoje em dia, existe uma grande preocupação no desenvolvimento de processos mais eficientes, de forma a aproveitar grande parte da energia disponível no combustível queimado. As termoeletricas de ciclo combinado usam esse princípio, o calor dos gases de exaustão da turbina a gás é reaproveitado numa caldeira, que recupera o calor desses gases para geração de vapor, usado em um ciclo Rankine. Essa solução aumenta a eficiência para 55%.

Segundo diversos pesquisadores, a geração distribuída (geração de energia elétrica feita no próprio local de consumo) poderá ser uma solução a ser considerada, pois tanto as residências, como o comércio e as indústrias gerariam a sua própria energia em equipamentos específicos, como turbinas (ou microturbinas para baixas potências) ou motores a gás. Essa solução é interessante, pois pode-se acoplar recuperadores de calor na exaustão desses equipamentos para atender a demanda térmica local. Por exemplo, não seria mais necessária a instalação de aquecedores de água ou de chuveiros elétricos nas residências, equipamentos que demandam muita energia para um fim não nobre, pois o calor dos gases de exaustão poderá ser aproveitado para o aquecimento da água. Esse sistema é conhecido como co-geração.



Mitigação de emissão de emissão de CO₂

Conforme visto no item anterior, as termoelétricas ainda são consideradas a melhor solução para atender ao aumento do consumo de energia elétrica, sendo um sério problema de emissão de GEEs.

Como viabilizar a construção das termoelétricas sem afetar o meio ambiente? Existem três linhas principais de pesquisa para viabilizar a diminuição da emissão de GEE em termoelétricas: (i) retirada de CO₂ na corrente de gases de exaustão, (ii) usar o CO₂ ao invés de ar como fluido de trabalho nas turbinas a gás em plantas de ciclo combinado, (iii) retirada do CO₂ antes da combustão na turbina a gás. Para essa última solução é necessário produzir um gás de síntese, seja através da reforma de combustíveis líquidos, seja através da gaseificação de combustíveis sólidos.

Uma solução que está sendo bastante considerada e na qual existem diversas linhas de pesquisa e de estudo é o seqüestro de carbono. E o que seria seqüestro de carbono? Os gases de exaustão das centrais passariam por plantas de amina que retirariam o CO₂, evitando assim a emissão de GEE para a atmosfera. Essa solução ainda não está disponível comercialmente pois ainda são necessários diversos desenvolvimentos para viabilizar os equipamentos em escala industrial.

Uma tecnologia que já está disponível, pois existem diversas plantas em operação no mundo, principalmente nos EUA e na China é o IGCC - *Integrated Gasification and Combined Cycle*. Essas plantas consistem na gaseificação de um combustível sólido, como o carvão ou o coque de petróleo, ou algum líquido pesado derivado do petróleo, gerando um gás, conhecido como gás de síntese, que é composto basicamente de H₂, CO₂, N₂, CO. Esse gás, após passar por um processo de purificação, é injetado na câmara de combustão de uma turbina a gás. Essa tecnologia ainda não é economicamente atrativa. Para mitigar a emissão de CO₂, são necessárias diversas pesquisas, tais como a retirada de CO₂ antes da combustão e o desenvolvimento de turbinas a gás que queimem um combustível rico em hidrogênio.

O Brasil e a energia

O Brasil é considerado um país com vocação para o uso de energias renováveis. A participação das hidrelétricas na matriz energética, considerada uma forma de geração de energia renovável, é uma das maiores no mundo. Além disso, foi pioneiro mundial no uso do etanol para uso em veículos equipados com motores de ciclo Otto. Em uma primeira etapa, substituiu o chumbo tetraetila, substância altamente cancerígena, como aditivo na gasolina para aumentar a sua octanagem. Em um segundo momento, com o lançamento do PROALCOOL, houve o desenvolvimento de veículos movidos somente a álcool. O desenvolvimen-

to recente dos veículos multi-combustíveis (*flex fuel*) trouxe ao país um diferencial tecnológico no uso do bioetanol. O etanol está sendo considerado na atualidade como uma possível solução em diversos países para substituição da gasolina, principalmente nos EUA.

Além disso, existem diversas usinas de cana de açúcar no país, que são auto-suficientes energeticamente, pois queimam o bagaço da cana para gerar a sua própria energia. Essas usinas podem ser otimizadas, possibilitando exportar energia para a rede elétrica. Conforme mostrado, a biomassa é uma fonte de energia renovável com reduzido impacto ambiental.

Por fim, outro biocombustível renovável que está começando a ter sua importância considerada na matriz de combustíveis é o biodiesel. Seguindo o mesmo raciocínio para o álcool, o ciclo do biodiesel causa menor impacto nas emissões de gases de efeito estufa. Até 2008, o percentual de biodiesel a ser adicionado no diesel deverá ser de 2%, passando depois para 5%, conforme estabelecido em lei. Esse percentual, apesar de baixo,



significa um grande volume de produção desse combustível, trazendo benefícios para a economia do país, principalmente para os produtores desse energético.

Outra fonte primária que tem tido alto crescimento no país nos últimos anos é o gás natural. A sua participação na matriz energética brasileira passou de meros 2% no início dos anos 2000 para algo em torno de 10% na atualidade. A previsão é que em poucos anos o Brasil ultrapasse a Argentina, país que tradicionalmente usa esse energético, passando a consumir 100 MM Nm³ (10⁸ m³ @ 1 atm e 0 °C) por dia. A PETROBRAS está empenhada em aumentar a produção nacional de gás natural, além de estar avaliando diferentes modais de transporte desse energético, como o GNL (gás natural liquefeito) e o GNC embarcado (gás natural comprimido em navios).

Vale a pena ressaltar que não é correto afirmar que a queima de gás natural é limpa, uma vez que também emite CO₂, mas o impacto das suas emissões

é bem inferior ao dos outros combustíveis fósseis por causa da sua alta relação de H/C. Além disso, a presença de enxofre e particulados é infinitamente inferior. Por essas razões, o seu uso vem despertando interesse em muitos países, pois é um combustível que atende aos limites de emissão, que estão cada vez mais restritos, além de causar menos problemas operacionais e de manutenção nos equipamentos.

O modelo energético brasileiro é denominado hidrotérmico, ou seja, as termelétricas baseadas em gás natural complementaríamos as hidroelétricas, sendo que seriam despachadas nos períodos de seca no país ou nos períodos de maior consumo de energia.

O Brasil tem também grande potencial de energia eólica e solar, as fontes de energia renováveis que estão sendo consideradas para substituição dos combustíveis fósseis para geração de energia. Um modelo que poderia ser implementado seria o da geração descentralizada, com a instalação de painéis fotovoltaicos nas residências, que poderiam, nos momentos de pico de incidência do Sol, exportar a energia para a rede elétrica. Assim diminuiria a dependência das gerações centralizadas.

O Brasil, em termos de fontes de energia, pode se considerar em posição bastante privilegiada. O país é auto-suficiente em produção de petróleo, estando no momento aumentando a sua produção, e incorporando novas reservas de óleo e gás. Além disso, existem grandes recursos hídricos ainda a serem explorados para geração elétrica. Complementando o potencial do país, ainda existem os biocombustíveis, o uso da biomassa como insumo energético (como por exemplo, as usinas sucro-alcooleiras) e o potencial eólico e solar.

Conclusão

O momento atual é extremamente rico para se buscar soluções para que as atividades humanas não deteriorem o meio ambiente e não afetem a qualidade de vida das próximas gerações.

Devido à complexidade dos diversos sistemas que fazem parte do nosso dia a dia, as soluções não são triviais, levando à necessidade de pesado investimento em diversas linhas de pesquisa. Para se viabilizar isso, será necessário incentivar a associação de empresas, grupos de pesquisas, universidades e até mesmo países. O que está ocorrendo atualmente é um problema universal, portanto, deverá se buscar uma solução em conjunto envolvendo todos.

Provavelmente não se encontrará uma única solução para substituir o petróleo ou mesmo para mitigar a emissão dos GEEs. Muitos modelos prevêem uma matriz energética bastante diversificada, com a participação maciça de diversas fontes de energia renováveis. Cada país deverá aproveitar o seu potencial para investir na solução que melhor lhe atenda. Por exemplo, na China, como existem muitas reservas de carvão, provavelmente

te será um líder em plantas de IGCC. O Brasil, por sua vez, deverá ter uma matriz energética com importante participação da hidroeletricidade e da biomassa. A energia eólica e solar deverão ter também uma participação significativa. Os EUA, como estão exaurindo os seus recursos energéticos rapidamente, apostam no hidrogênio como forma de diminuir a sua dependência em relação às fontes primárias de energia fóssil.

No Brasil existem muitos grupos de pesquisa que estão fazendo diversos desenvolvimentos de forma a que o país seja menos dependente tecnologicamente no futuro. Praticamente todas as tecnologias listadas neste artigo têm algum grupo envolvido no seu desenvolvimento. Existem também outras linhas de pesquisa em andamento, como a energia das marés ou as edificações eco-eficientes. De qualquer forma, o volume de recursos aplicados em P&D (Pesquisa & Desenvolvimento) ainda é baixo quando comparado com outros países emergentes. É necessária também a formação de empresas tecnológicas para viabilizar comercialmente as tecnologias que estão sendo desenvolvidas.

A PETROBRAS é uma empresa que está apostando em diferentes soluções para auxiliar o país a passar pela fase de transição para uma nova era de energia. A empresa desenvolve diferentes linhas de pesquisa internamente ou através de financiamento dos grupos de pesquisa espalhados pelo país. Como exemplo disso, no próximo ano vai-se iniciar a construção de um posto no CENPES que viabilizará a investigação de novas tecnologias para a geração distribuída e aplicação de novos combustíveis. Nesse posto haverá abastecimento de hidrogênio, di-metil-éter, que poderá ser um substituto do diesel, produtos GTL (*gás to liquid*), que são combustíveis líquidos sintéticos produzidos a partir do gás natural e que são totalmente isentos de enxofre. Também serão instaladas microturbinas, células fotovoltaicas e células a combustível para geração de energia. Além disso, haverá *chillers* de absorção, equipamentos que recuperam o calor dos gases de exaustão das microturbinas para geração de frio. Este posto, que será aberto ao público, será uma síntese de algumas linhas de pesquisas que estão ora em curso na empresa.

Newton Reis Moura formou-se em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), em 1984. Possui especialização em Engenharia de Equipamentos pela Petrobras e MBA em Gás e Energia pela USP. Ingressou na Petrobras há 22 anos, atuando na Bacia de Campos e no Cenpes. Atualmente é consultor técnico de Gerência de Gás e Energia do Cenpes.

