

PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

revista

P & D

INFORMATIVO DO PROGRAMA  
DE GESTÃO ESTRATÉGICA DE  
TECNOLOGIA DA CEMIG • 2015 • N° 11

**CEMIG**

A Melhor Energia do Brasil.

**PARA A CEMIG,  
CRESCER E SER UMA  
GRANDE EMPRESA  
DE ENERGIA É SER  
CAPAZ DE INSPIRAR  
TODAS AS OUTRAS.**



Ser o maior grupo integrado de energia do Brasil é tão importante para a Cemig quanto ser a energia que move o dia a dia de cada mineiro. Pois foi a confiança dos consumidores que levou nossa energia tão longe.

Estamos em 23 estados brasileiros e somos uma das empresas mais sustentáveis do mundo. Crescemos, ampliamos nosso portfólio de geração de energia investindo em fontes limpas e renováveis e criamos a primeira usina solar em um estádio de futebol.

**Cemig, a energia de todos os mineiros.**

[www.cemig.com.br](http://www.cemig.com.br)

**CEMIG**  
A Melhor Energia do Brasil.

**MINAS  
GERAIS**  
GOVERNO DE TODOS

# Índice



16



22



38

## MAPA DA ENERGIA

### OPORTUNIDADES E DESAFIOS

Infográfico aponta fontes, tecnologias e processos, do passado e do futuro, para produção e distribuição de energia..... 6

## ENERGIA SOLAR

### AS VANTAGENS DE UM PAÍS TROPICAL

Da microgeração às grandes usinas, os versáteis sistemas solares fotovoltaicos trazem grandes oportunidades e desafios para o setor elétrico nacional..... 10

## ENERGIA EÓLICA

### O PODER DO VENTO

Capacidade instalada no país pode alcançar 7.904 MW, até o final de 2015, e um dos principais desafios é desenvolver aerogeradores para regiões específicas..... 16

## BIOMASSA

### POTENTE GERADORA DE ENERGIA

Florestas energéticas e resíduos urbanos, industriais e agrícolas são processados para produzir eletricidade..... 22

## GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

### ENERGIA PRODUZIDA PERTO DO LOCAL DE CONSUMO

A Cemig é a distribuidora com o maior número de solicitações de acesso no Brasil, com quase 140 clientes conectados à rede..... 28

## EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

### EM BUSCA DE NOVOS PROJETOS

Reestruturação da Efficientia, com nomeação de Diretoria Executiva própria, permite abertura de novas oportunidades de negócio para a empresa..... 32

## O FUTURO DA ENERGIA

### EQUAÇÃO DESAFIADORA

Produção energética depende de tecnologias que atendam à crescente demanda e preservem os recursos naturais..... 38

## PRÊMIO MINEIRO DE INOVAÇÃO

### MONITORAMENTO AMBIENTAL É DESTAQUE

Tecnologia utiliza imagens de matas, captadas por linhas de transmissão de energia, lançadas na web em tempo real..... 42

## Diretoria

---

**Diretor-Presidente:**

*Mauro Borges Lemos*

**Diretor Vice-Presidente:**

*Mateus de Moura Lima Gomes*

**Diretor Comercial:**

*Evandro Leite Vasconcelos*

**Diretor de Distribuição e Comercialização:**

*Ricardo José Charbel*

**Diretor de Desenvolvimento de Negócios:**

*Fernando Henrique Schüffner Neto*

**Diretor de Finanças e Relações com Investidores:**

*Fabiano Maia Pereira*

**Diretor de Gás:**

*Eduardo Lima Andrade Ferreira*

**Diretor de Gestão Empresarial:**

*Márcio Lucio Serrano*

**Diretor de Geração e Transmissão:**

*Franklin Moreira Gonçalves*

**Diretor Jurídico:**

*Raul Lycurgo Leite*

**Diretor de Relações Institucionais e Comunicação:**

*Luiz Fernando Rolla*



*Nova sede da Cemig, em Belo Horizonte*

## Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico

---

### *Informativo do Programa de Gestão Estratégica de Tecnologia da Cemig e dos Projetos de P&D Aneel*

**Superintendência de Tecnologia e Alternativas Energéticas**

*Carlos Renato Franca Maciel*

**Editada pela Superintendência de Comunicação Empresarial**

*Av. Barbacena, 1200 - 19º andar  
Belo Horizonte - MG  
imprensa@cemig.com.br  
www.cemig.com.br*

**Editor Responsável**

*Etevaldo Lucas Queiroz - Reg. 5579/MG*

**Produção**

*Press Comunicação Empresarial  
(www.presscomunicacao.com.br)*

**Redação**

*Ana Carolina Rocha, Ana Paula de Oliveira, Luciana Neves, Nayara Amâncio e Thiago Silvério*

**Edição**

*Luciana Neves*

**Revisão**

*Cláudia Rezende*

**Projeto Gráfico**

*É Editora!*

**Designers**

*Isabela Diniz  
Laura Fahel*

**Fotografia**

*Elderth Theza / THZ Imagens*

**Capa**

*Detalhe de painel fotovoltaico*

**Impressão**

*Gráfica e Editora 101 Ltda.*

**Tiragem**

*5 mil exemplares*

## INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE NA TERRA DO SOL

É com grande satisfação que apresentamos a nova edição da revista P&D da Cemig, cujo tema, este ano, são as energias renováveis, e que pode ser desdobrado em dois aspectos fundamentais do nosso Programa de Pesquisa e Desenvolvimento: inovação e sustentabilidade. Nas páginas seguintes, os leitores poderão acompanhar o desenrolar das cenas de um roteiro em que esses dois aspectos – inovação e sustentabilidade – serão os protagonistas das pesquisas realizadas no âmbito da Cemig e das empresas que fazem parte do grupo.

A primeira cena desse roteiro é composta de um flashback, o recurso cinematográfico utilizado para mostrar cenas ocorridas no passado. Em 2012, a Cemig lançou o primeiro Atlas Solarimétrico de Minas Gerais, resultado do Programa de P&D da Cemig, que apontou índices de radiação solar de 5,5 a 6,5 kWh/m<sup>2</sup>/dia em mais de metade da área do Estado, caracterizando sua adequação à implantação de empreendimentos solares.

Cena 2: de volta para o presente, a segunda versão do Atlas está sendo elaborada. Essa nova versão terá um apelo científico ainda mais pronunciado e incorporará os dados provenientes das cinco modernas estações instaladas para validação ou eventual redefinição dos mapas solarimétricos do Estado.

A próxima cena é composta por uma panorâmica sobre o atual estágio das fontes alternativas, mostrando que, atualmente, Minas Gerais está atrás apenas de São Paulo e da Bahia em número de projetos solarfotovoltaicos aprovados em leilões da Aneel. E de cada três consumidores interligados como mini ou microgerador na rede de energia do país, um está na área de concessão da Cemig, sendo que a maioria é composta por fontes alternativas.

Outra fonte de energia alternativa que já é uma realidade é a geração eólica, com uma presença fundamental da Renova, empresa do grupo Cemig. Projeta-se que, até 2019, a capacidade instalada dessa matriz no Brasil irá triplicar. Além disso, há outras formas de geração que estão ganhando espaço no parque gerador da Cemig, como a biomassa e a geração distribuída. E os projetos de P&D são fundamentais para implantação, redução dos custos e viabilização dessas alternativas energéticas.



E o futebol não poderia faltar nesse roteiro, afinal, este ano, a Cemig recebeu a autorização da Aneel para iniciar a operação comercial da USF (Usina Solar Fotovoltaica) do estádio Governador Magalhães Pinto, o Mineirão, sede de jogos da Copa do Mundo FIFA 2014 e única do certame a possuir uma usina deste tipo. A USF Mineirão é atualmente uma das maiores usinas solares em cobertura de arena esportiva no mundo e a maior em cobertura predial do país.

Na cena final, inovação e sustentabilidade ganham ainda mais destaque com a eficiência energética, devido ao atual momento do setor energético, mostrando que utilizar a energia de forma correta, ou seja, sem desperdiçar, é importante não apenas para os clientes e concessionárias, mas principalmente para a preservação do nosso planeta.

Em nome da equipe do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento da Cemig, empresas do grupo, colaboradores e parceiros, espero sinceramente que a leitura desta revista seja inspiradora e motivadora, para que inovação e sustentabilidade continuem tendo o papel de protagonistas na terra do sol. E do vento, da biomassa, do biogás...

**Mauro Borges Lemos**  
Presidente da Cemig

# MAPA DA ENERGIA

## OPORTUNIDADES E DESAFIOS

*Infográfico aponta fontes, tecnologias e processos, do passado e do futuro, para produção e transformação de energia*

Um mapa faz mais que registrar uma localização e identificar rotas. Também funciona como elo entre o passado, de onde se sai, para o futuro, meta de quem ou daquilo que percorre o caminho traçado. O Mapa da Energia, desenvolvido pela Cemig, não foge à regra. Mostra os trajetos que levam as fontes primárias, como a solar, a hidráulica e o petróleo, a se tornarem movimento, calor ou eletricidade. Trajetos que envolvem tecnologias de ontem, de hoje e de amanhã.

A ferramenta foi publicada, em 2012, no volume “Alternativas energéticas – Uma visão da Cemig”, produzido pela Superintendência de Tecnologia e Alternativas Energéticas da companhia. A proposta do trabalho era descrever uma visão sobre as possibilidades energéticas disponíveis naquele ano e detalhar as tecnologias que tornam a produção mais barata e ambientalmente correta. “Buscamos condensar um amplo conteúdo sobre a energia e os seus processos em um único volume, facilitando a visualização e a análise”, diz o engenheiro de tecnologia e normalização Cláudio Homero, da Gerência de Alternativas Energéticas da Cemig, que coordenou o projeto. O mapa, segundo ele, funciona como uma espécie de sumário desse conteúdo (*confira nas páginas 8 e 9*). “Apresenta a origem e a característica do energético, a cadeia de transformação associada e nos permite ver, com clareza, em que pé estão os processos tecnológicos”, afirma.

Homero ressalta que o mapa é um documento sujeito a constantes alterações decorrentes dos trabalhos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D&I). Alguns dos estudos ali registrados, por exemplo, podem não seguir adiante, por, talvez, não gerarem resultados satisfatórios ou não se qualificarem economicamente. Outros, porém,

se consolidarão, abrindo novas ramificações, com possíveis campos de estudo e de negócio. “Hoje, em empresas, universidades e laboratórios, as análises prosseguem com resultados que podem modificar muito do que entendemos sobre matriz energética e sobre o próprio sistema energético do futuro”, reconhece.

### DESENHO

Todas as tecnologias estão dispostas no mapa em uma lógica de leitura de fora para dentro. Ao redor do círculo, estão as fontes primárias de energia, que são o petróleo, o gás natural, o carvão, a biomassa, a solar, a geotérmica, a oceânica, a hidráulica e, por fim, a eólica. Delas, partem uma série de setas, correspondentes às tecnologias de transformação. Algumas, como a roda d’água, possuem longa história de aplicação. Outras, consolidadas, entre elas, os motores a combustão, as hidroelétricas e as turbinas a vapor, estão presentes nos sistemas energéticos. Há também aquelas ainda em fase de estudos, muitas no campo nuclear.

As setas se encerram nas três energias de uso final, que são movimento, calor e eletricidade. Por diferentes formas e interações, todas as linhas seguem para o mesmo centro. “No desenho, há um amplo entrelaçamento de fontes, transformações e usos de energia, no qual podemos, sobretudo, visualizar oportunidades e desafios”, afirma Homero. Com esse mapa, é possível alocar projetos de pesquisa e de negócio, orientando a priorização de investimentos e diversas análises sobre o desenvolvimento de oportunidades.

Na parte superior esquerda do mapa, estão as três fontes primárias não renováveis: petróleo,



carvão e gás natural. A maioria dos processos e tecnologias que modificam essas fontes para geração de energia já está desenvolvida. Do petróleo, de onde se derivam a gasolina, o querosene, o gás liquefeito (GLP), entre outros combustíveis, os processos envolvem alguma combustão. Com relação ao carvão, há alguns processos sendo pesquisados, como as turbinas supercríticas e ultrassupercríticas.

As três fontes representam 81% de toda a matriz energética mundial, segundo a Agência Internacional de Energia (IEA - *International Energy Agency*), entidade que auxilia governos nas decisões sobre produção e distribuição de energia. Porém, segundo Homero, há um movimento global para diminuir o uso dessas fontes, cuja queima produz gás carbônico e outros componentes que constituem os gases de efeito estufa, considerado grande problema da sociedade atual.

Na porção inferior esquerda e em toda a metade direita do mapa, estão as fontes renováveis. Entram nessa lista a eólica, a hidráulica, a oceânica, a geotérmica, a nuclear, a solar e a biomassa. Algumas com processos bem avançados de produção energética; outras registram tecnologias com perspectivas de aplicação só em longo prazo. A fonte nuclear é o grande exemplo. Embora a fissão, que é a preparação de combustível para reatores e turbinas, esteja consolidada no Japão, outros

processos não deixarão, por pelo menos 20 anos, os laboratórios de empresas e universidades.

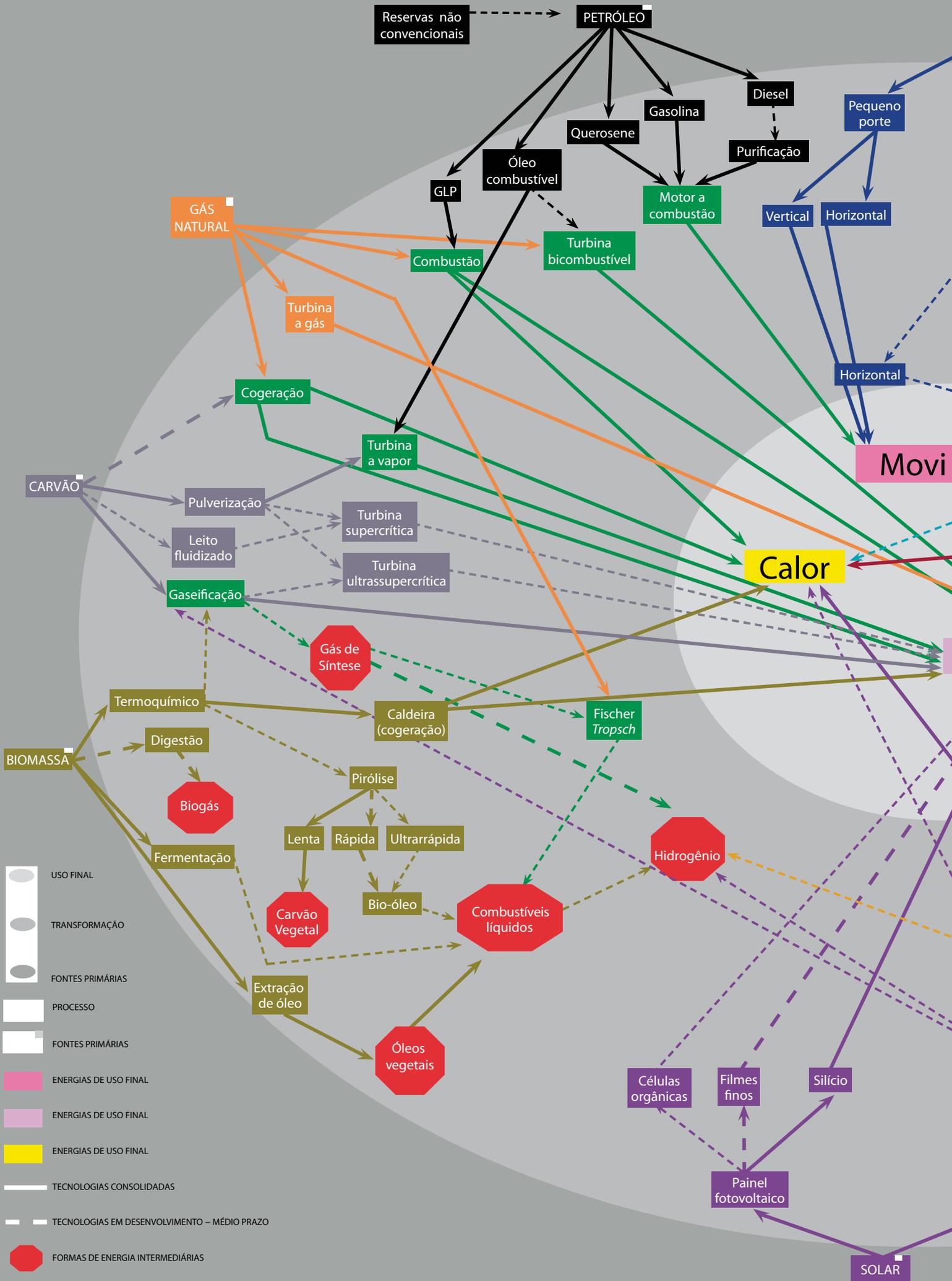
A oceânica é um caso à parte. Mesmo com tecnologias disponíveis, que conseguem aproveitamento energético de ondas, correntes e movimento das marés, os custos para a implantação dela são elevados. Os gestores públicos e privados acabam optando por outras fontes.

Já a eólica e a solar apresentam processos bem definidos e com característica intermitente, constituindo-se nos grandes vetores mundiais para a expansão da demanda.

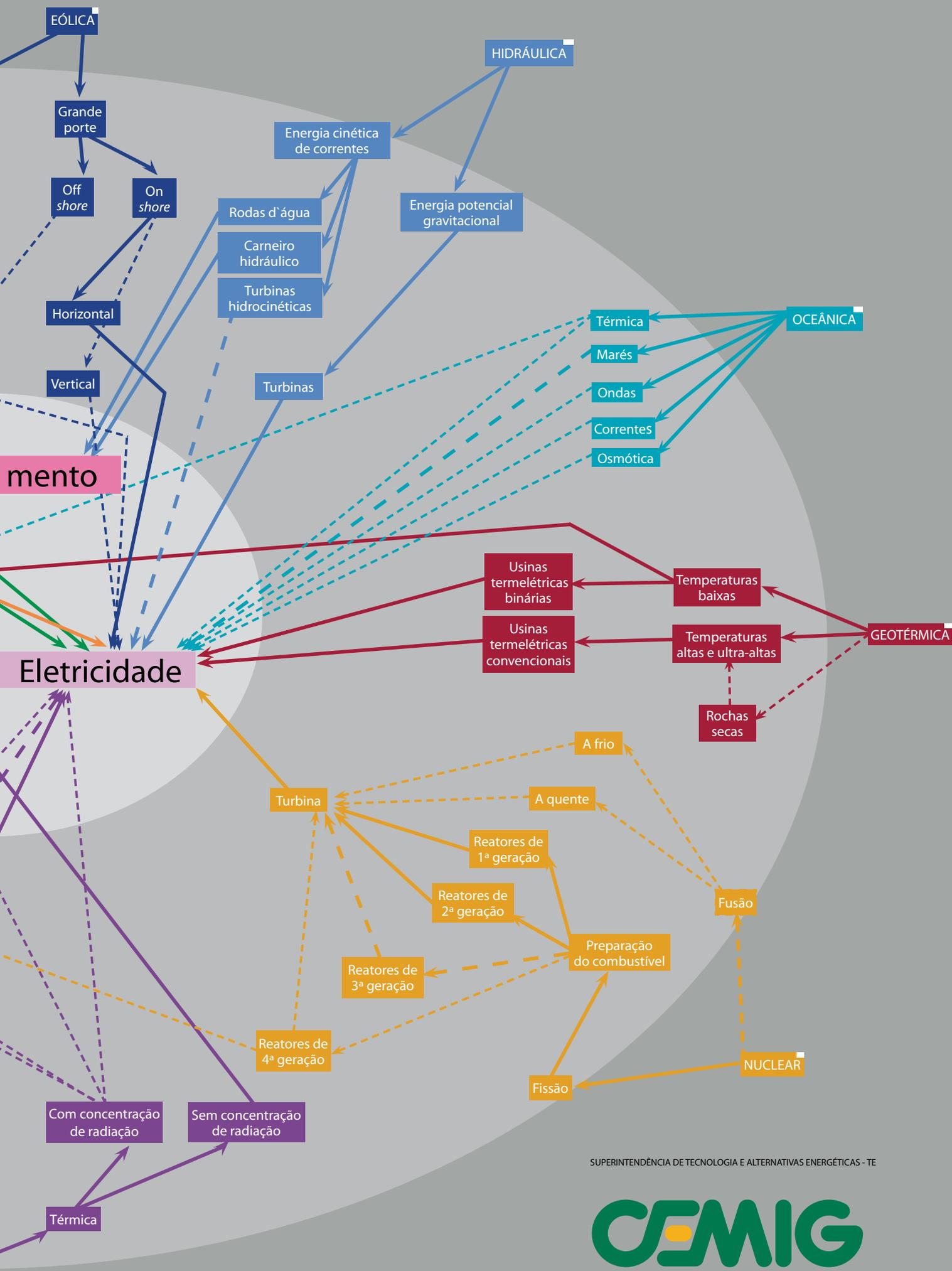
A energia hidráulica, por sua vez, no Brasil, é a fonte que responde por 71% de todo o consumo energético, segundo levantamento da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Ainda existe um amplo potencial dela a ser aproveitado. "A questão é que muitos dos locais onde é possível construir barragens e centrais hidrelétricas estão na região Amazônica, em áreas de preservação no Centro e no Norte do país", explica Homero.

A condição do Brasil, no entanto, segundo o engenheiro, é satisfatória se comparada à do resto do mundo. Noventa e dois por cento de tudo o que é utilizado vêm de fontes renováveis, mais baratas e ambientalmente corretas. Em outras palavras, o país ocupa uma posição nobre no Mapa da Energia. ●

*Cláudio Homero afirma que o Mapa da Energia permite alocar projetos de pesquisa e de negócio*



- USO FINAL
- TRANSFORMAÇÃO
- FONTES PRIMÁRIAS
- PROCESSO
- FONTES PRIMÁRIAS
- ENERGIAS DE USO FINAL
- ENERGIAS DE USO FINAL
- ENERGIAS DE USO FINAL
- TECNOLOGIAS CONSOLIDADAS
- TECNOLOGIAS EM DESENVOLVIMENTO – MÉDIO PRAZO
- TECNOLOGIAS EM DESENVOLVIMENTO – LONGO PRAZO
- FORMAS DE ENERGIA INTERMEDIÁRIAS



SUPERINTENDÊNCIA DE TECNOLOGIA E ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS - TE

# ENERGIA SOLAR

## AS VANTAGENS DE UM PAÍS TROPICAL

*Da microgeração às grandes usinas, os versáteis sistemas solares fotovoltaicos trazem grandes oportunidades e desafios para o setor elétrico nacional*

A geração fotovoltaica, que utiliza a irradiação solar para produzir energia elétrica, é uma das alternativas mais promissoras para se enfrentar os desafios da escassez de água com menor impacto ambiental.

Conforme dados de 2014, da Nota 19/14 – “Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil” –, realizada pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o potencial de energia solar fotovoltaica no segmento residencial é 2,3 vezes maior que o consumo. Além disso, o Brasil é

privilegiado por possuir reservas de quartzo para produção de silício, utilizado na fabricação de células solares.

O país pioneiro na implantação de empreendimentos solares fotovoltaicos foi a Alemanha, que concentra um terço de toda a capacidade instalada para geração de energia solar no mundo. E, ainda assim, o lugar de melhor irradiação solar desse país europeu encontra-se em patamares inferiores ao pior local de irradiação do Brasil. Atualmente, quem lidera o mercado de



# ENERGIA SOLAR

produção de equipamentos de transformação de energia solar em eletricidade, com 70% desse segmento, é a China.

Para o desenvolvimento de pesquisas relacionadas à tecnologia solar fotovoltaica, a Cemig conta com a colaboração da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas) e da Universidade Federal de Viçosa (UFV). A companhia já instalou cerca de 2.500 sistemas dentro do Programa Luz

para Todos, contemplando residências, escolas e postos de saúde, localizados em regiões do estado distantes da rede elétrica. Vale destacar, também, a parceria entre a Cemig e a Agência de Cooperação Técnica Alemã (GTZ) e o Consórcio Minas Arena, para a implantação de uma usina solar fotovoltaica no estádio Governador Margalhães Pinto, o Mineirão, em Belo Horizonte.

No Mineirão, foram instaladas 6 mil placas. Como a maior necessidade energética do local

*Painéis fotovoltaicos foram instalados na cobertura do Mineirão*



# ENERGIA SOLAR

acontece no período da noite, durante os jogos, a energia captada pelo sistema é fornecida à rede elétrica e consumida por quem a estiver utilizando durante o dia.

## AQUECEDOR SOLAR

Conforme o Balanço de Energia Útil, publicado pelo Ministério de Minas e Energia, uma parcela significativa de toda a energia gerada no Brasil é consumida na forma de calor de processo e aquecimento direto. Um exemplo são os chuveiros domésticos, que demandam, anualmente, bilhões de quilowatts/hora de energia elétrica para aquecer a água durante o banho. Portanto, uma das principais formas de utilização da energia solar térmica se faz por meio dos aquecedores solares. Em Belo Horizonte,

área de concessão da Cemig, há cerca de 800 prédios com instalação de aquecimento solar central. Para reduzir o pico de demanda da rede e contribuir com a redução da conta de energia dos consumidores de baixa renda, a companhia também instala o sistema em conjuntos habitacionais, creches, asilos e hospitais de toda Minas Gerais.

A energia solar térmica é obtida por meio de coletores planos ou de concentradores solares. Esses equipamentos são mais usados em residências e em pontos comerciais para aquecimento de água utilizada na higiene pessoal ou para lavagem de utensílios e ambientes.

Dados da Dasol/Abrava, associação nacional que congrega as maiores

*Atlas Solarimétrico traz informações importantes, que identificam o potencial das regiões de Minas Gerais para a instalação de empreendimentos solares*



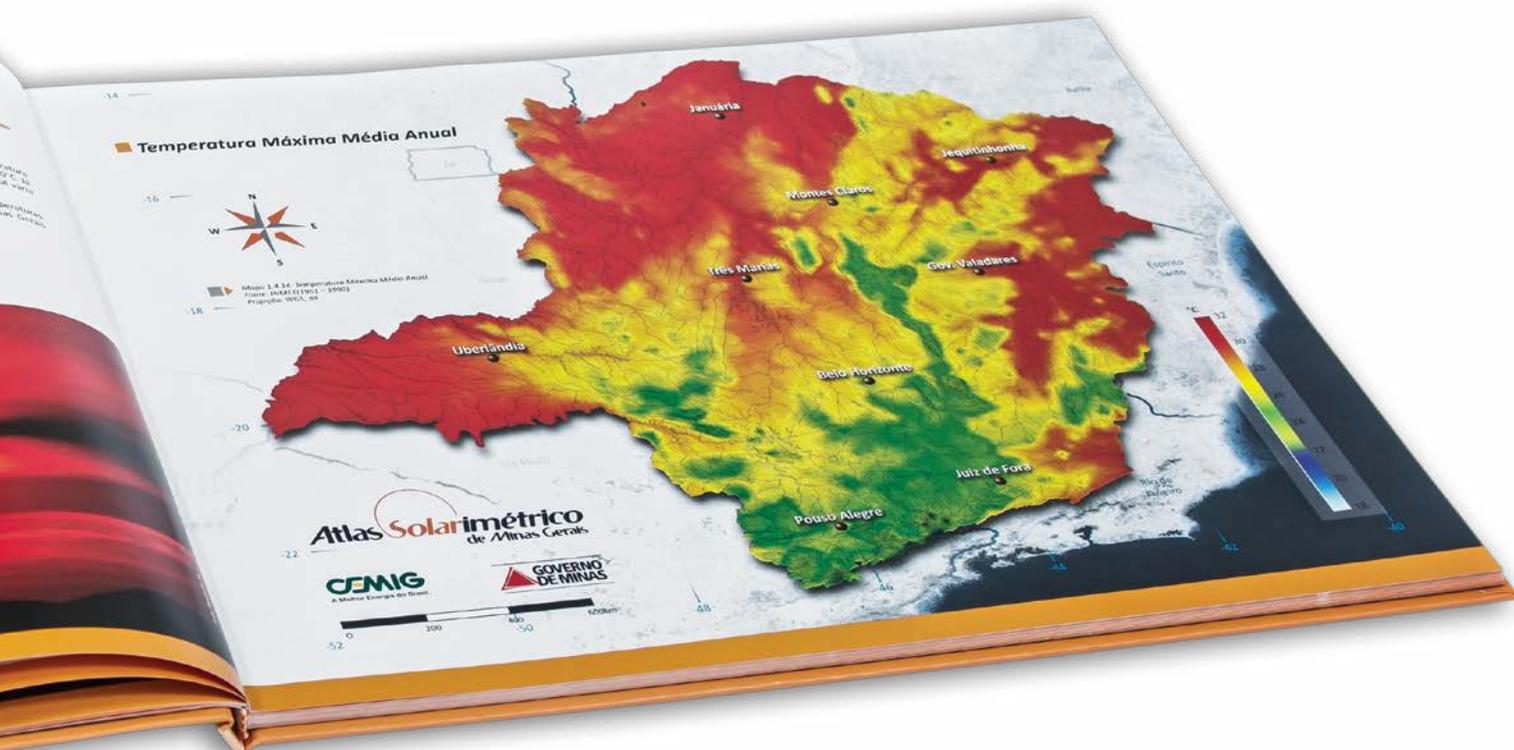
# ENERGIA SOLAR

empresas fabricantes de equipamentos solares, mostram que, em 2014, a participação de Minas no mercado nacional de aquecedores solares era de 30%, totalizando uma área de 2,94 milhões de m<sup>2</sup> de coletores solares em operação no estado.

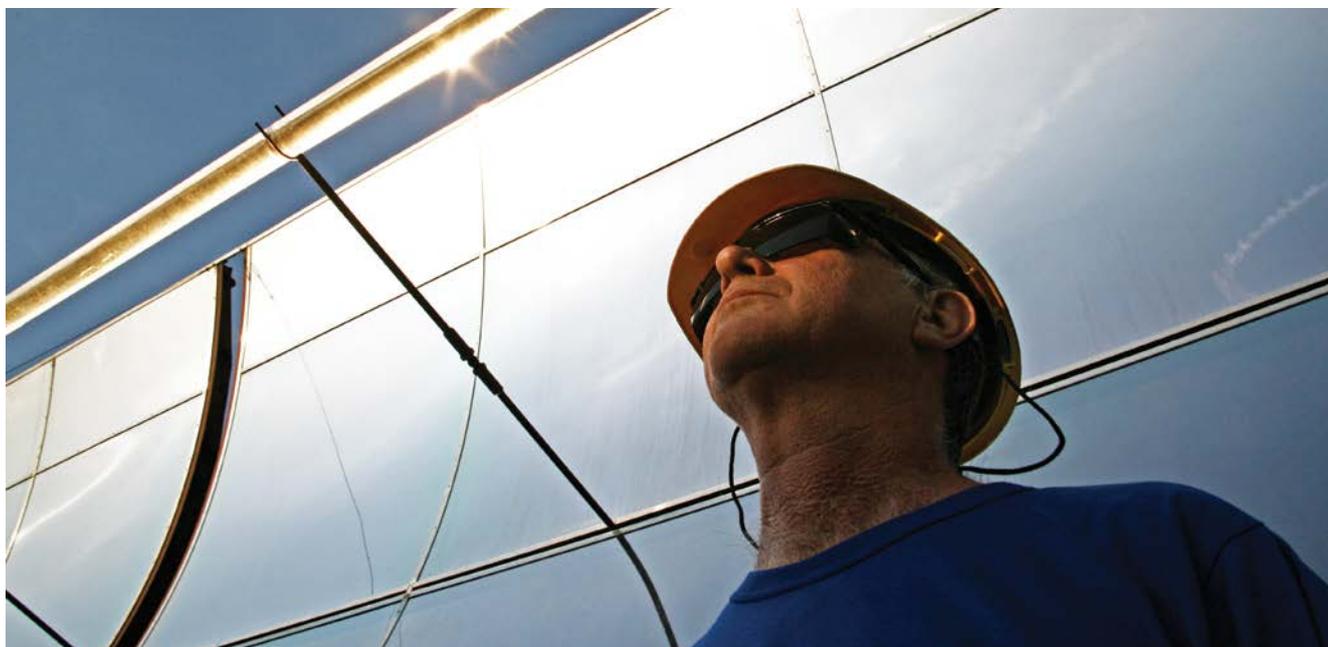
Como a incidência de radiação solar não ocorre à noite, além dos períodos nublados e chuvosos durante o ano, no caso de instalação termossolar, deve-se sempre prever uma forma de aquecimento auxiliar, normalmente elétrico ou a gás. Já os concentradores solares destinam-se a aplicações que requerem temperaturas mais elevadas, como a secagem de grãos e a produção de vapor.

Outra forma de absorção do calor do sol com concentradores ocorre na usina solar térmica.

Dentre as tecnologias existentes, pode ser citada a de campos de heliostatos, na qual um conjunto de espelhos móveis se orienta para que todos eles reflitam a luz do sol para um único ponto, localizado em uma torre heliotérmica. Para isso, cada um dos espelhos possui um motor que os direciona para a mesma posição, de acordo com a rotação da Terra e a mudança da incidência solar ao longo do dia. Nessa torre, a temperatura pode chegar a 600°C. Segundo o gerente de Alternativas Energéticas, Ricardo Carnevalli, mesmo nos países que investem nessa tecnologia, como Estados Unidos e Espanha, a usina solar térmica ainda é desenvolvida em caráter experimental. "Trata-se de uma tecnologia complexa, cara e que requer manutenção frequentemente", observa.



# ENERGIA SOLAR



Arquivo Cemig

*Usina solar térmica experimental instalada no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (Cefet-MG)*

## MEDIÇÃO SOLARIMÉTRICA

Identificar o potencial de energia solar de Minas Gerais e disponibilizar um sistema que calcule a viabilidade de instalação de empreendimentos solares de grande porte no estado. Esses são os objetivos do projeto de pesquisa e desenvolvimento (P&D 468) “Desenvolver um sistema para cálculo do potencial de instalação de usinas solares fotovoltaicas (FVs) e termoeletricas solares de grande porte”, iniciado em 2011 e com previsão de ser concluído em 2015.

O primeiro resultado concreto é o Atlas Solarimétrico de Minas Gerais, de fevereiro de 2013. A publicação foi elaborada a partir de dados climatológicos coletados principalmente pela Cemig e pelo Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), entre outras entidades. No escopo do projeto, foram previstas a instalação e a operação de mais cinco modernas estações climatológicas, nas cidades de Sete Lagoas, Paracatu, Unaí, Uberlândia e Diamantina, para um melhor mapeamento solarimétrico e meteorológico do estado. Esse documento encontra-se disponível para *download* no site da Cemig ([www.cemig.com.br](http://www.cemig.com.br)), na aba A Cemig e o Futuro/Inovação.

“Embora já exista um mapeamento solarimétrico nacional, Minas Gerais tinha carência de um levantamento das próprias especificidades com relação a essa fonte energética. Por isso, foi necessário um estudo mais aprofundado sobre as características solares do estado”, explica o engenheiro de tecnologia e normalização Júlio César Ezequiel da Costa, da Gerência de Alternativas Energéticas.

Além dos mapas de insolação e radiação solares, o atlas apresenta informações sobre temperatura, declividade do terreno, uso da terra (para verificar onde há áreas de preservação ambiental, por exemplo), linhas de transmissão de energia elétrica e sistema viário do estado (para avaliar as possibilidades de transporte dos equipamentos até o local de construção da usina em evidência). Todos esses requisitos são levados em conta na identificação dos potenciais das regiões de Minas Gerais para instalação de empreendimentos solares.

O atlas foi disponibilizado nas versões impressa e digital para pesquisadores, professores e estudantes, profissionais que atuam nesse campo, potenciais investidores e demais interessados no assunto. O segundo volume da publicação, com abordagem mais científica,

# ENERGIA SOLAR

tecnológica e teórica, deverá ser lançado no segundo semestre de 2015.

Um *software* também está em fase de desenvolvimento e será abastecido com todas as informações contidas no Atlas Solarimétrico de Minas Gerais. Para utilizá-lo, os interessados precisarão apenas inserir a localização de onde pretendem, eventualmente, investir em usinas solares no estado, a fim de que o programa identifique o potencial daquela região.

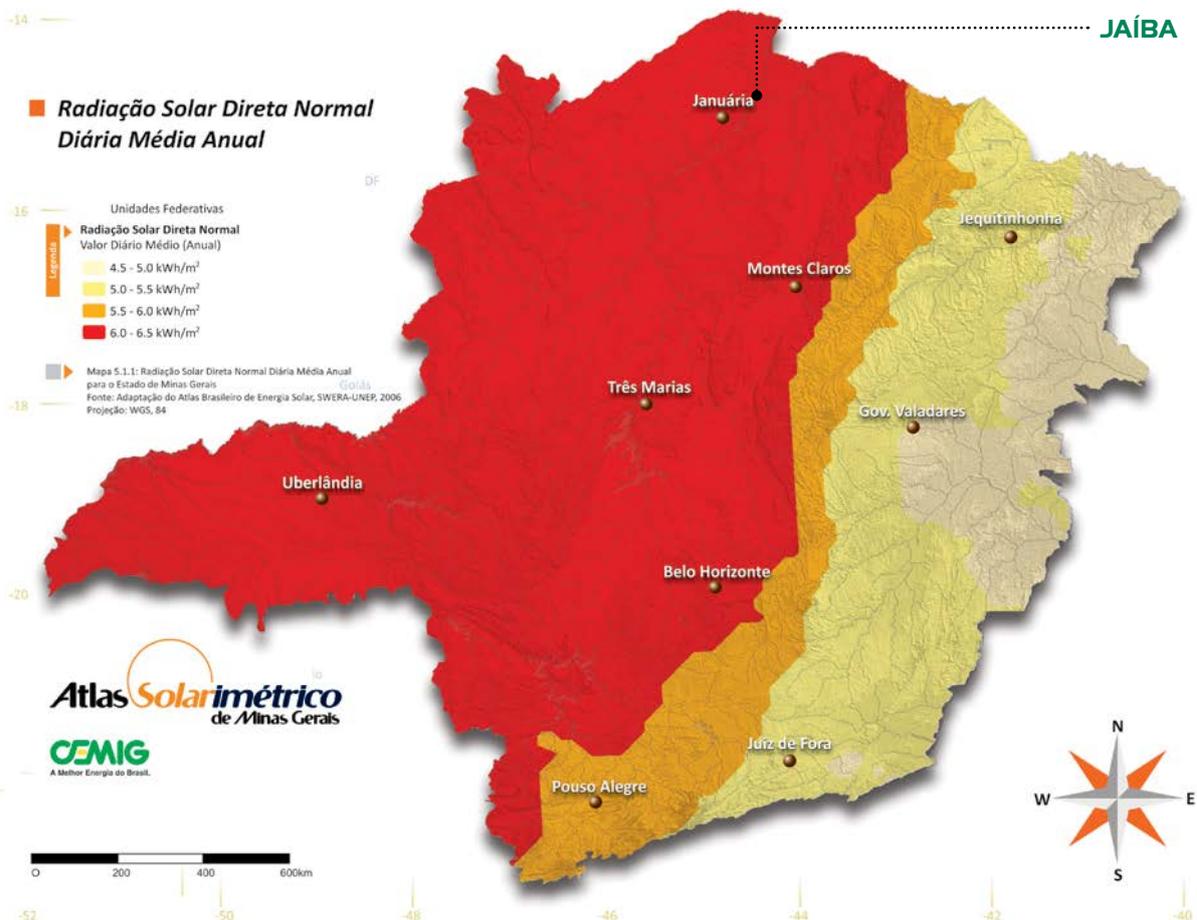
## USINA DE JAÍBA

A Cemig quer entender como funciona uma usina solar fotovoltaica em um local de clima semiárido, com alto nível de radiação e temperaturas elevadas. “Os painéis fotovoltaicos ‘gostam’ de luz, mas não de calor excessivo. Por isso, vamos verificar os pontos positivos e negativos de se investir na

instalação de uma usina em um local com essas características. Serão avaliados o desempenho da usina sob essas condições, os gastos com manutenção e a vida útil dos equipamentos”, explica o engenheiro de tecnologia e normalização Bruno Marciano Lopes, da Gerência de Alternativas Energéticas.

A iniciativa prevê a construção de uma usina solar fotovoltaica no município de Jaíba, no Norte de Minas, onde a temperatura máxima média anual é de 32°C. O projeto de pesquisa e desenvolvimento (P&D 717) “Arranjos técnicos e comerciais para a inserção da geração solar fotovoltaica na matriz energética brasileira” é coordenado pela Eletrobras Furnas e executado pela Universidade de Brasília (UNB) e pela Companhia Energética Integrada (CEI Solar), com participação de diversas empresas cooperadas. O estudo foi iniciado em 2012 e deve ser concluído em 2017. A expectativa é de que a construção da usina ocorra até 2016. ●

*Em Jaíba, no Norte de Minas, a temperatura máxima média anual é de 32°C*



# ENERGIA EÓLICA

## O PODER DO VENTO

---

*Capacidade instalada no país pode alcançar 7.904 MW, até o final de 2015, e um dos principais desafios é desenvolver aerogeradores para regiões específicas*

*A capacidade instalada eólica no país, no final de 2015, será 62% maior que a de 2014*

A força dos ventos é utilizada pelo homem desde a Antiguidade. Seja para impulsionar barcos, seja para bombear água, seja para moagem de grãos, entre outras aplicações. As primeiras iniciativas voltadas para o uso dela na forma de eletricidade datam do final do século XIX, nos Estados Unidos.

Mas foi nas décadas de 1980 e 1990, principalmente em função das crises do petróleo e de uma maior consciência ambiental, que a busca por alternativas energéticas renováveis encontrou na energia eólica uma opção. Em países como a Alemanha e a Dinamarca, houve condição



# ENERGIA EÓLICA

favorável para a implantação em larga escala, devido ao estágio tecnológico e a uma série de fatores. Desde então, observa-se um crescimento vigoroso dessa fonte e uma busca por tecnologias que melhorem o desempenho dela.

No Brasil, no início da década de 2000, uma grande seca diminuiu o nível de água nas barragens hidrelétricas brasileiras. A crise hídrica, que desacelerou a economia e levou ao racionamento de energia elétrica, ressaltou a necessidade de investimento em outras fontes de energia,

principalmente as renováveis. Para alavancar o desenvolvimento desses projetos e viabilizar a implantação deles com preços mais competitivos, em 2002, o Governo Federal criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa). Desde então, tem sido constante, no Brasil, o crescimento da energia eólica, captada por meio de turbinas também denominadas aerogeradores (para geração de eletricidade).

De acordo com o Ministério de Minas e Energia, a capacidade instalada eólica no



# ENERGIA EÓLICA

país pode alcançar 7.904 MW até o final de 2015, 62% a mais que a de 2014. Em 2003, esse número era de apenas 22 MW e, até 2019, pode chegar a 15.200 MW. Atualmente, a energia eólica representa 4,5% da matriz energética do Brasil, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). O índice é bem menor do que o de outros países que já investiram no segmento, como China (26,7%), Estados Unidos (21,2%), Alemanha (11,1%) e Espanha (8,1%), conforme o Panorama do Setor de Energia Eólica, divulgado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), em 2013.

## GRANDE SALTO

As pesquisas e apostas da Cemig no setor não param. Em 2009, a companhia adquiriu a participação de 49% em três usinas eólicas, localizadas no Ceará. Mas foi a partir de 2011 que o Grupo Cemig deu um grande salto, quando passou a fazer parte do bloco de controle da Renova Energia, por meio da Light, e, em 2014, aumentou ainda mais a participação da Cemig Geração e Transmissão, que adquiriu mais 36% do capital social votante e 27% do capital total da empresa. Fundada em 2001, a Renova é uma companhia brasileira de geração de energia elétrica renovável com atuação em matrizes eólicas, pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) e energia solar. Além disso, é proprietária do maior complexo eólico da América Latina, localizado no interior da Bahia, e líder em geração de energia por fontes renováveis no Brasil.

"A Renova é o veículo de crescimento que a Cemig escolheu para o desenvolvimento

de fontes renováveis de energia em todo o território nacional e, desde o início dessa parceria, tem sido muito competente no que se propõe a fazer. Atualmente, ela detém mais de 2,5 GW de capacidade de energia comercializada, mais de 90% em fonte eólica, tanto no mercado regulado quanto no mercado livre, sendo que boa parte dos parques eólicos já está em operação comercial e conectada à rede básica do Sistema Interligado Nacional, atendendo às necessidades de todo o país", afirma o gerente de Negócios de Geração da Cemig, Douglas Braga Ferraz de Oliveira Xavier.

## VENTOS DO NORDESTE

Quanto aos investimentos em Minas Gerais, a Cemig avaliou algumas fazendas e áreas na região, mas chegou à conclusão de que os ventos do Nordeste ainda são melhores para essa atividade do que os do Sudeste. "Por isso, ainda não conseguimos desenvolver, aqui, nenhum projeto tão promissor quanto os que temos na Bahia. Isso faz com que um parque eólico no nosso estado fique mais caro, já que o fator de capacidade dos parques a serem instalados em Minas é inferior, por exemplo, aos do Nordeste", explica. No futuro, com o esgotamento dos melhores potenciais no País, os parques mineiros poderão se tornar viáveis, uma vez que também existem bons regimes de ventos, como na região da Serra do Espinhaço.

Douglas Xavier ressalta que um dos principais desafios do setor está no desenvolvimento de aerogeradores cada vez mais adequados aos ventos brasileiros. "Esses equipamentos utilizam projetos já comercializados na Europa e nos Estados Unidos e passam por algumas adequações.

# ENERGIA EÓLICA

*O Grupo Cemig faz parte do controle da Renova Energia, uma companhia brasileira proprietária do Complexo Eólico do Alto Sertão I, o maior da América Latina, localizado no interior da Bahia*



# ENERGIA EÓLICA

Mas, no Brasil, como um país continental, poderia haver projetos de aerogeradores mais específicos para cada região, devido às suas particularidades”, defende.

## AEROGERADORES DE PEQUENO PORTE

Em 2005, a Cemig, em parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), deu início ao projeto “Desenvolvimento de centrais eólicas adaptadas às condições de vento do estado de Minas Gerais (P&D 234)”. O objetivo dessa iniciativa era projetar um aerogerador de pequeno porte com tecnologia nacional, para atender a pequenos consumidores residenciais, rurais e comerciais.

Por meio do projeto, foi construído o primeiro protótipo de 10 kW com tecnologia 100% nacional. Esse legado técnico-científico foi reconhecido com uma premiação no Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (SNPTEE).

Segundo o engenheiro de tecnologia e normalização Bruno Marciano Lopes, da Gerência de Alternativas Energéticas, a viabilidade de tecnologias de aerogeradores de pequeno porte se dá em locais com notório regime de ventos elevados a baixas alturas, o que, no Brasil, é restrito a algumas áreas litorâneas e regiões serranas, considerando a tecnologia atual. “O país carece, no entanto, de estudos mais aprofundados sobre o regime de ventos a baixas alturas, o que permitiria uma maior disseminação dessa forma de aproveitamento energético”, acredita.

## TORRES TRELIÇADAS

Desde outubro de 2013, a Cemig GT, em parceria com as subsidiárias Sá Carvalho S.A. e Rosal S.A. e com a Fundação Cristiano Ottoni e com a Vallourec Tubos do Brasil, desenvolve o projeto “Torres treliçadas em

perfis tubulares em aço patinável, sem costura, laminado a quente para aerogeradores” (P&D GT501). O objetivo da pesquisa é construir uma torre para aerogerador produzida com aço treliçado, ou seja, separado em barras, e não composta de tubos de grande diâmetro, cujas seções são montadas umas sobre as outras e têm o aspecto de um grande poste, como as fabricadas atualmente (produzidas em aço ou com construção mista aço-concreto). “Isso vai permitir que componentes menores da torre sejam montados no local de instalação, o que garantirá mais facilidade no transporte e na fabricação do equipamento”, explica o engenheiro de projetos mecânicos Paulo Henrique Cardoso de Melo, da Gerência de Engenharia Eletromecânica de Expansão da Geração e Fontes Alternativas.

As torres fabricadas nos dias de hoje são inteiriças ou mistas (de aço e concreto). Tipicamente, uma torre de aço pode atingir até 100 metros de altura, e a mista pode chegar a 120 metros. Já a torre treliçada deve atingir 140 metros. “Quanto mais alto for o posicionamento do aerogerador, mais a máquina consegue captar ventos mais constantes e com intensidade adequada, principalmente em regiões montanhosas. Isso garante uma maior produção de energia em relação à potência instalada. No caso de construções de parques eólicos em Minas Gerais, por exemplo, esse modelo de torre seria o ideal”, afirma Paulo Henrique.

O projeto ainda prevê menor custo global com a mobilização de mão de obra e equipamentos necessários para a instalação das torres. Até o momento, a equipe já realizou o detalhamento do projeto e está trabalhando na certificação junto a entidades independentes reconhecidas internacionalmente, para captar fabricantes de aerogeradores que queiram se tornar parceiros no desenvolvimento dessa iniciativa. Posteriormente, será produzido um protótipo da torre treliçada para verificar se o equipamento alcançou o objetivo proposto. Essa avaliação será realizada no ano subsequente ao término da pesquisa, que está prevista para ser encerrada em 2017.

# ENERGIA EÓLICA

## UM POUCO DE HISTÓRIA

Utilizada há milhares de anos para o bombeamento de água ou para a moagem de grãos, as primeiras tentativas de utilização da energia eólica na geração de eletricidade surgiram no final do século XIX. Entretanto, somente na década de 1970, um século depois, é que houve interesse e investimento para viabilizar o desenvolvimento comercial desse negócio, devido à crise internacional do petróleo.

A primeira turbina eólica comercial ligada à rede elétrica pública foi instalada em 1976, na Dinamarca, conforme a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Atualmente, existem mais de 30 mil turbinas eólicas em operação no mundo.

Na Cemig, o início dos investimentos em energia eólica data de 1994, quando a Usina do Morro do Camelinho, localizada no município de Gouveia, no Vale do Jequitinhonha, começou a operar. Ela também faz parte da história nacional, por ser a primeira usina eólica do Brasil conectada à rede de transmissão de energia elétrica, com potência instalada de 1 MW, o que corresponde ao consumo de mil residências de médio porte. “Esse foi um projeto experimental, desenvolvido por meio de um acordo de cooperação técnica e científica com o governo da Alemanha. Além de inaugurar a era da energia eólica comercial no país, Morro do Camelinho permitiu à Cemig adquirir conhecimento sobre o assunto”, afirma o diretor-presidente da Efficientia, Alexandre Heringer Lisboa. A usina está desativada desde 2010, já que atingiu o fim da vida útil. A Cemig está avaliando o aproveitamento dela como laboratório de demonstração, em convênios com universidades. ●

*Morro do Camelinho, em Gouveia, no Vale do Jequitinhonha, foi a primeira usina eólica do país conectada à rede de transmissão de energia elétrica*



# BIOMASSA

## POTENTE GERADORA DE ENERGIA

*Florestas energéticas e resíduos urbanos, industriais e agrícolas são processados para produzir eletricidade*

No Brasil, duas fontes energéticas de destaque são a energia hidráulica e o petróleo. Em Minas Gerais, elas correspondem, respectivamente, a 14,7% e 37,5% de toda a demanda energética do Estado, considerando-se que o último número contempla, além do petróleo, o gás natural e os seus derivados. É o que aponta o 28º Balanço Energético do Estado de Minas Gerais, referente a 2012. Elaborado pela Superintendência de Tecnologia e Alternativas Energéticas da Cemig, o documento analisa a matriz energética de Minas.

Entretanto, apesar da importância dessas duas fontes, há outras alternativas renováveis, como a biomassa que, basicamente, pode ser produzida por meio das florestas energéticas, que são áreas plantadas para esse fim, e dos resíduos. Segundo a técnica de tecnologia e

normalização Aláise Madureira, da Gerência de Alternativas Energéticas, o Brasil possui, hoje, um potencial de geração de 27 GW somente com a biomassa residual, energia suficiente para abastecer aproximadamente 54 milhões de unidades consumidoras.

No caso das florestas energéticas, os tipos mais comuns no país são: soja, para a produção de biodiesel; eucalipto, para obtenção do carvão vegetal; e cana-de-açúcar, para a fabricação do etanol, sendo a mais representativa delas. “A cana-de-açúcar é a que mais produz combustível e a que mais gera eletricidade por meio do bagaço”, afirma Aláise. Além disso, outra possibilidade da cana-de-açúcar é o uso do bagaço e da palha para o processo de produção do etanol de segunda geração.

*Usina experimental de cogeração em Martinho Campos (MG)*



# BIOMASSA

Fotos: Arquivo Cemig



Processado nas termelétricas, o bagaço é usado na geração de eletricidade. Pesquisas recentes têm estudado o potencial dele, bem como o da palha, também para a fabricação do etanol de segunda geração. Diferentemente da produção convencional, em que o caldo da cana é utilizado, a tecnologia explora o maior uso da biomassa, contribuindo para uma maior eficiência energética.

Além da cana-de-açúcar, os resíduos urbanos, industriais e agrícolas têm sido processados para a geração de eletricidade, com um incentivo adicional advindo da Lei 12.305, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos. “Esse é o foco da Cemig, que tem explorado cada vez mais projetos que desenvolvam alternativas para esse

fim. Devido aos recursos escassos e ao peso da opinião pública, que tem valorizado ainda mais as soluções renováveis, o uso da biomassa deverá crescer à medida que o seu amplo leque de tecnologias disponíveis passe para o patamar de um negócio econômica e financeiramente viável”, frisa o gerente de Alternativas Energéticas, Ricardo Carnevalli.

## BIORREFINARIAS

A biomassa também tem sido apontada como alternativa para substituir o uso do petróleo, responsável por suportar inúmeras cadeias industriais, englobando praticamente tudo o que usamos no nosso cotidiano. Consideradas como uma possibilidade futura para a substituição do petróleo, as biorrefinarias

*A utilização dos resíduos de biomassa provenientes da siderurgia é uma das possibilidades para a geração de eletricidade*

# BIOMASSA



*Acompanhamento de temperatura no forno de carbonização para produção de carvão vegetal*

são capazes de converter a biomassa em biocombustíveis, insumos químicos, materiais e energia. “Por meio de diversas tecnologias, a biomassa pode ser quebrada em componentes mais simples, que, quando processados, podem gerar substâncias com um potencial energético semelhante ao do petróleo”, diz Cláudio Homero, da Gerência de Alternativas Energéticas da Cemig.

No entanto, segundo ele, essas tecnologias são bastante complexas, fator que dificulta

a ampliação das biorrefinarias. “Com isso, hoje, elas mostram-se viáveis, de certa forma, somente para a fabricação de produtos mais nobres ou em nichos específicos”, conclui.

## O POTENCIAL DO SETOR SIDERÚRGICO

A utilização da biomassa proveniente da siderurgia é uma das possibilidades para a geração de eletricidade e foi o que motivou o desenvolvimento do projeto P&D GT 358. Realizada em parceria com a ArcelorMittal

# BIOMASSA

Bioflorestas, a iniciativa foi concluída em 2014 e resultou na criação de um sistema inovador de cogeração, capaz de aproveitar a biomassa residual gerada pela Unidade Produtora de Carvão (UPC) Buritis, localizada em Martinho Campos (MG).

“É um sistema de cogeração, uma vez que é capaz de produzir dois tipos de energia por meio de uma única fonte primária. Produz carvão vegetal, utilizado para suprir os fornos da siderurgia, bem como é capaz de aproveitar os resíduos gerados pelo processo,

convertendo-os em eletricidade e em calor”, observa Cláudio.

A primeira etapa do processo de produção de carvão consiste na coleta e no tratamento das toras de madeira extraídas de uma floresta de eucaliptos plantada especificamente para esse fim. Nesse processo, elas são submetidas ao procedimento conhecido por “desgalhamento”, em que são extraídos os galhos e as folhas antes da inserção delas no sistema de cogeração. Em seguida, as toras de madeira são transportadas para os fornos de carbonização.

*Toras de eucalipto são utilizadas na obtenção de carvão vegetal*



# BIOMASSA

O processo de produção é chamado de pirólise lenta e dura cerca de 12 dias, resultando na produção do carvão vegetal. Ele explica que, por meio de altas temperaturas, é feita a retirada da água e do carbono volátil dessas toras para que se aumente o teor de carbono fixo, que é um dos requisitos para o uso siderúrgico, tendo relação direta com o poder calorífico.

Além do carvão, a UPC Buritys gera outros resíduos que têm potencial para serem convertidos em eletricidade. O primeiro deles são os gases resultantes da carbonização. Por isso, um dos focos do projeto foi a construção de um sistema de transporte desses gases. “A iniciativa demandou uma série de pesquisas, já que a tubulação não poderia ocasionar a condensação dos orgânicos, o que implicaria no entupimento do sistema”, informa.

Além desses gases, o reaproveitamento dos resíduos do processo de produção de carvão finos e atíços foi uma das metas do projeto. “Esses materiais são fruto de uma carbonização excessiva ou de uma não carbonização respectivamente, o que inviabiliza o uso deles na siderurgia, porém eles possuem conteúdo calorífico”. Sendo assim, a iniciativa também viabilizou a construção de um sistema de aproveitamento para eles, realizado conjuntamente para os resíduos florestais.

Um dos grandes diferenciais do sistema de cogeração desenvolvido é que ele é híbrido, ou seja, é capaz de processar diferentes insumos que se transformarão em energia. E todo esse potencial energético é aproveitado por meio do uso de uma turbina de queima externa, associada a um gerador. “Foi um protótipo bastante inovador e que demandou um alto investimento financeiro e intelectual”, relembra o engenheiro.

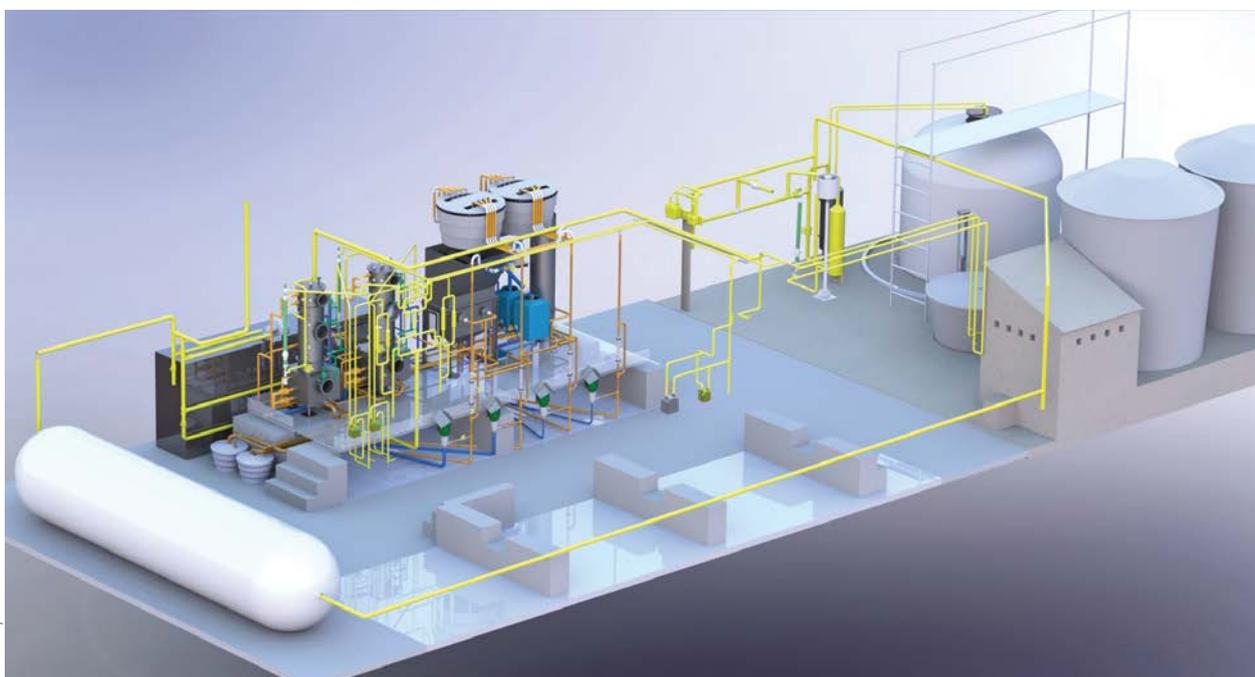
## DE OLHO NO SETOR SUCROALCOOLEIRO

Cada vez mais, a utilização da vinhaça, resíduo gerado no processo de produção do etanol, tem se mostrado uma boa alternativa para o aumento da eficiência energética do país. “Em média, para cada litro de etanol produzido, hoje, são gerados aproximadamente 12 litros de vinhaça, o que demonstra a representatividade e a importância desse resíduo no contexto brasileiro”, informa Cláudio Homero.

E foi pensando no uso da vinhaça como biogás, utilizado para a posterior geração de energia elétrica, que o projeto P&D GT 453 foi criado, em 2011. Desenvolvida pela Cemig em parceria com a Methanum Resíduo e Energia e a Efficientia, a iniciativa foi finalizada em 2014 e resultou no desenvolvimento de um sistema de dessulfurização capaz de remover os compostos de enxofre – mais especificamente, o sulfeto

*Projeto-piloto trabalhou a purificação do biogás de vinhaça*

Arquivo Methanum



# BIOMASSA



de hidrogênio – encontrados no biogás que é produzido durante o processo de biodigestão da vinhaça. “Essas substâncias são altamente corrosivas, por isso, seria inviável utilizá-las em qualquer estrutura sem que fosse realizada a purificação do biogás”, explica Cláudio.

Ainda de acordo com ele, uma das principais motivações para a criação do projeto está relacionada ao desenvolvimento de um sistema de dessulfurização mais viável tanto economicamente quanto ambientalmente.

“Dessa forma, pensar em outras soluções para a dessulfurização é tão importante, já

que as mais comuns encontradas hoje fazem uso, por exemplo, de grandes quantidades de compostos químicos ou de substâncias como limalha de ferro, constituindo-se em uma alternativa pouco sustentável e bastante onerosa”, justifica. E uma das vantagens do sistema de dessulfurização desenvolvido no projeto é a composição de um sistema de limpeza híbrido, contendo uma parte química e outra biológica. Nessa configuração, é possível fazer a regeneração quase total do produto químico, assegurando a economicidade do sistema de purificação. “Conseguimos atingir um índice de 99%, o que é muito positivo, econômico e sustentável para a aplicação desse processo”, comemora. ●

*Cana-de-açúcar  
é utilizada na  
fabricação do etanol*

# GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

## ENERGIA PRODUZIDA PERTO DO LOCAL DE CONSUMO

*A Cemig é a distribuidora com o maior número de solicitações de acesso no Brasil, com quase 140 clientes conectados à rede*

Já pensou se parte da energia elétrica necessária para executar tarefas cotidianas, como acender as luzes, tomar um banho quente ou recarregar o celular fosse produzida no próprio local de consumo, seja em casa seja em ponto comercial? Por meio da geração distribuída (GD), essa situação pode se tornar cada vez mais comum aos brasileiros.

Bastante difundida em países como a Alemanha, líder mundial na utilização de energia fotovoltaica – conversão direta da radiação solar em energia elétrica – e que tem instaladas mais de duas vezes a potência da

hidrelétrica de Itaipu, a GD consiste em gerar energia próxima às cargas a partir de fontes renováveis, como hídrica, solar, biomassa, eólica e cogeração.

A Cemig tem se preparado para atuar sob esse conceito. “É uma mudança de paradigma. A rede de distribuição foi concebida para trabalhar em um único sentido, da subestação até o consumidor. Agora, essa energia poderá fazer o caminho inverso. Como é um fluxo diferenciado, temos que reaprender a lidar com uma série de questões técnicas e de segurança que ainda não foram apresentadas”, comenta



# GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

o engenheiro de tecnologia e normalização Márcio Eli Moreira de Souza, da Gerência de Engenharia de Ativos da Distribuição.

Ele considera que os estudos são essenciais para que a Cemig consiga avaliar os impactos da disseminação da GD nas redes de distribuição e na qualidade da energia. “Precisamos encontrar a melhor forma de conectar a energia gerada às redes sem causar transtorno aos consumidores como um todo. Fazer isso utilizando a melhor técnica possível e com custo ótimo, preservando o princípio básico da modicidade tarifária”, observa.

Hoje, a Cemig é a distribuidora com o maior número de solicitações de acesso no Brasil. A companhia possui quase 140 clientes conectados à rede de distribuição via GD. A maior parte deles é formada por pessoas

físicas, que optaram por gerar energia em suas residências, onde as tarifas são mais caras. Com o recente aumento da energia vivenciado no Brasil, o tempo de retorno do investimento está em torno de seis a sete anos, em Minas Gerais.

Vale ressaltar que mais de 95% dos casos de geração distribuída conectada à rede da companhia são por sistema fotovoltaico: das 300 solicitações em andamento, 297 são para energia solar, 2 para biogás e 1 para hidráulica.

## MODELOS COEXISTENTES

No Brasil, desde 2012, com a Resolução Normativa nº 482, da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), o consumidor pode gerar a própria energia, inclusive, fornecendo o excedente para a rede de distribuição da



# GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

localidade à qual pertence. A legislação, porém, está em constante revisão e em busca de melhorias. "A cada dia, surgem novas demandas de mercados ou segmentos específicos. Temos nos mobilizado internamente para contribuir com a Aneel, apresentando as dificuldades técnicas e econômicas e propondo soluções", aponta Márcio Souza.

Ao apresentar vantagens, como baixo impacto ambiental, redução no carregamento das redes, adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, minimização das perdas e diversificação da matriz energética, a GD é um contraponto ao atual modelo de geração centralizada, no qual a energia é gerada em grandes fontes, como usinas hidrelétricas e termelétricas, e transmitida por longas distâncias até chegar ao consumidor final.

Mesmo com a evolução tecnológica, o custo continua sendo um dos principais gargalos à

expansão da geração distribuída no Brasil. "As duas formas de geração vão coexistir. Isso em um futuro que acredito estar cada vez mais próximo", aposta.

## NA VANGUARDA

Em breve, os cerca de 2 mil painéis que serão instalados sobre a laje de reservatório, em uma estação de tratamento de água, no Belvedere, bairro da região Centro-Sul de Belo Horizonte (MG), irão transformar energia solar em elétrica. Mais que um exemplo de geração fotovoltaica, esse também será um típico caso de geração distribuída.

A instalação será uma usina experimental de geração fotovoltaica de 500 kW, a ser concluída em meados de 2016, e um dos principais produtos do projeto de pesquisa e desenvolvimento "Arranjos técnicos e comerciais para inserção da geração solar

*A Aneel permite que o consumidor gere a própria energia, podendo fornecer o excedente para a rede de distribuição*



# GERAÇÃO DISTRIBUÍDA



fotovoltaica na matriz energética brasileira” (P&D 713). Em andamento desde janeiro de 2013, o estudo é fruto da parceria entre a Cemig, a Companhia Paranaense de Energia (Copel), as Transmissoras Brasileiras de Energia (TBE), a Serra do Facão, a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e a Efficientia, empresa de soluções energéticas que pertence ao grupo Cemig. O principal objetivo é identificar os gargalos técnicos e econômicos da geração solar fotovoltaica em sistemas conectados à rede elétrica no Brasil, por meio da concepção e da implantação de um modelo de negócio e projeto e instalação de uma usina-piloto de desempenho técnico-econômico otimizado.

“É um projeto muito amplo, já que se coloca em uma vertente técnica, comercial e de regulamentação. O intuito é internalizar na Cemig e no setor elétrico brasileiro a *expertise* necessária para tornar esse tipo de geração viável e benéfica para a empresa, para o setor e para a sociedade”, sintetiza o gerente do projeto, Bruno Marciano Lopes, engenheiro de tecnologia e normalização da Gerência de Alternativas Energéticas.

## APRENDER NA PRÁTICA

De porte intermediário, a usina-piloto vai gerar energia equivalente ao consumo de 400 residências e receberá o nome do coordenador do projeto, doutor **Selênio Rocha Silva**, professor do Departamento de Engenharia Elétrica da UFMG, falecido em dezembro de 2014. Considerada inovadora, a proposta é que o cliente – no caso, a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa), empresa vencedora da chamada pública aberta pela Efficientia – alugue o empreendimento, por um valor mensal fixo, e utilize a energia ali gerada. Já a usina será de propriedade da Efficientia, responsável por obter financiamento total ou parcial junto ao Programa de Eficiência Energética da Aneel e pela gestão do empreendimento, que engloba instalação, operação e manutenção. ●



*Mais de 95% dos casos de geração distribuída conectada à rede da Cemig são por sistema fotovoltaico*



# EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

## EM BUSCA DE NOVOS PROJETOS

*Reestruturação da Efficientia, com nomeação de Diretoria Executiva própria, permite abertura de novas oportunidades de negócio para a empresa*

# EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O alto custo da energia, associado às constantes mudanças climáticas, tem exigido cada vez mais processos inovadores, a fim de que a energia disponível se torne mais econômica e eficiente sem danificar o planeta. A Cemig é pioneira nessas iniciativas desde 1984, quando passou a ter uma abordagem também energética, e não apenas elétrica. Com a criação da Efficientia, empresa de soluções energéticas que pertence ao Grupo Cemig, em 2002, a companhia intensificou a própria atuação, implantando inúmeros projetos para os clientes, que passaram a contar com serviços de elevada qualidade nessa área.

Agora, a Cemig se foca na expansão da conquista do promissor mercado de eficiência e soluções energéticas e *utilities*. Desde 28 de abril de 2015, com a nomeação de Diretoria Executiva própria, a Efficientia passou a ter mais autonomia, liberdade e flexibilidade para realizar negócios em todo o Brasil e até mesmo no exterior. "A orientação é para que a geração distribuída, a eficiência energética e a inovação tecnológica sejam veículos de crescimento da Cemig, devendo ser instrumentos de valor para a empresa", ressalta o diretor-presidente da Efficientia, Alexandre Heringer Lisboa.

A proposta é firmar parcerias ou mesmo sociedades com empresas privadas e alavancar novos projetos de maior porte no país, e não apenas ficar restrito aos recursos do Programa de Eficiência Energética (PEE). "Estamos nos preparando para esse salto e planejando fazer uma parceria em que a Efficientia entraria em uma sociedade com até 49% de participação acionária. Nesse modelo, a Efficientia será dona dos ativos, das plantas que geram energia elétrica e outras utilidades, como vapor, água quente, água gerada, gases, como CO<sub>2</sub>, para serem usadas pelo cliente. Isso abre um mercado imenso, ainda incipiente no Brasil, mas muito empregado no exterior", observa o diretor Técnico e de Negócios da Efficientia, Claudio Latorre. Várias empresas estrangeiras e mesmo nacionais já estão de olho nesse mercado. Outras companhias já o perceberam

como "propício", que deve ser trabalhado o mais rápido possível.

## CONTRATOS DE DESEMPENHO

Hoje a Efficientia trabalha apenas com recursos do PEE da Cemig Distribuição (Cemig D). A Lei 9.991/00, regulamentada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), estabelece que o recurso da concessionária deve ser aplicado dentro da área de concessão dela, no caso, em Minas Gerais. Além disso, obriga a aplicação anual do montante de, no mínimo, 0,5% de sua receita operacional líquida em ações de combate ao desperdício de energia elétrica. Desse total, 0,2% é destinado a contratos de desempenho e o 0,3% restante para programas de baixa renda e para demais ações.

Claudio Latorre explica que os contratos de desempenho são firmados com o cliente, que utiliza recurso da Cemig D, enquanto a Efficientia faz a gestão da implantação do projeto, a fim de alcançar o melhor resultado possível. Pelo atual modelo de negócio, o cliente não utiliza dinheiro do próprio caixa, pois o recurso empregado para o projeto vem, integralmente, da Cemig D e dos contratos de desempenho.

Quando o projeto entra em funcionamento, o cliente paga uma parte à companhia, retornando com o recurso que ele usou, conforme determina a lei, e a outra parte ele paga à Efficientia, como uma participação nos resultados, em função da prestação de serviço para obter sucesso. "Vamos formando uma espécie de 'caixa d'água' para alimentar novos projetos. Os benefícios são processo modernizado, ganho de produtividade, redução de manutenção dos processos produtivos, além da economia de energia", enumera Latorre.

Por meio de recursos do PEE, a empresa já soma 65 projetos implantados ou em implantação, desde 2004, uma média de seis por ano, com valores entre R\$ 500 mil e R\$ 40 milhões, desde a implantação de

# EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



*Belo Horizonte é a primeira cidade brasileira a ter todos os semáforos com iluminação a LED*

iluminação moderna, com LED, até as plantas de cogeração de energia. Juntos, geraram 240 mil MWh/ano de economia de energia, o que equivale ao consumo de uma cidade de 500 mil habitantes. O valor não é estimado, mas medido e certificado. O retorno do investimento acontece em um período entre quatro e seis anos. "Hoje temos uma carteira bem maior do que a quantidade de recursos disponíveis. São cerca de 20 projetos na fila, em razão do momento energético atual do país e das restrições de fontes energéticas pelo mundo", observa Latorre.

A Efficientia atende clientes de médio e grande portes, com fatura mensal de consumo de energia elétrica maior que R\$ 200 mil, dos mais diversos ramos de atividade. Foi a equipe multidisciplinar da Efficientia, com sólida experiência em engenharia de soluções energéticas, a responsável pelas iluminações a LED em todos os semáforos de Belo Horizonte, tornando-a a primeira cidade do país a ter esses equipamentos nessas condições, e nas

Centrais de Abastecimento de Minas Gerais (Ceasaminas). A empresa trabalha agora na planta de cogeração de energia na indústria Patense de Rações, em Itaúna (MG).

## SECADORA DE ROUPAS INDUSTRIAL

Um dos projetos de eficiência energética desenvolvidos pela Cemig é o da secadora de roupas movida a bomba de calor, que economiza cerca de 50% no consumo de energia. Realizado em parceria com a empresa mineira Conscientec, ele é um aprimoramento de outro projeto, desenvolvido pela companhia em 2002, que também estudou as bombas de calor.

O engenheiro de soluções energéticas Matheus de Mendonça Herzog, da Gerência de Eficiências Energéticas, explica que, no projeto, foram feitas adaptações em três secadoras de roupas, uma residencial, de 10 kg, e duas industriais, de 16 e 30 kg. "A ideia do projeto não era criar um equipamento novo, mas elaborar

# EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



um método de conversão do modelo elétrico para o de bomba de calor, energeticamente mais eficiente”, afirma.

Ele observa que a bomba de calor é uma máquina térmica que tem funcionamento análogo ao de um refrigerador, pois utiliza os mesmos componentes básicos. O que muda são os pontos de operação (temperatura e pressão) e o dimensionamento desses componentes. Com pouco gasto energético, a bomba de calor retira a energia do ambiente externo e a transfere para o interior da máquina secadora, aquecendo o ar de secagem. A secadora elétrica, por exemplo, utiliza resistores para aquecer o ar de secagem, cujo consumo de energia é muito mais elevado.

No projeto, foram preservados os resistores, dando opção ao cliente de usar a secadora no módulo bomba de calor (que prioriza a economia de energia, embora o tempo de secagem aumente, em média, 40%) ou no misto

– bomba e resistor (menor tempo de secagem, mas com economia de energia um pouco inferior ao uso apenas com a bomba de calor).

Matheus Herzog afirma que, embora tenham sido feitos apenas testes laboratoriais, a economia de 50% no consumo de energia é certa. Para adaptar o equipamento para bomba de calor, o investimento é de aproximadamente R\$ 7 mil, e o retorno acontece entre 10 e 14 meses, dependendo do número de ciclos de secagem diários. “Em aproximadamente um ano, já se tem o retorno do investimento, depois é só lucro com a economia de energia”, afirma. No Brasil, a bomba de calor tem sido utilizada para aquecimento de piscinas, mas a ideia é estender o uso para hospitais, hotéis e lavanderias.

*Secadora de roupas movida a bomba de calor poderá ser instalada em lavanderias, garantindo economia de até 50% no consumo de energia*

## AQUECIMENTO DISTRITAL

Outro projeto de P&D voltado à eficiência energética é o GT 498, “Desenvolvimento de

# EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



*A Vila Vicentina, em Sete Lagoas, receberá 12 painéis fotovoltaicos para geração de energia e aquecimento de água utilizada no banho dos idosos*

Solução PVT (sistema híbrido: fotovoltaico e térmico) para aumento da eficiência de usinas solares”, desenvolvido em parceria com a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig). Iniciado em 2013 e com previsão de ser concluído em abril de 2016, o projeto visa a instalação na Vila Vicentina, asilo que abriga idosos, no município de Sete Lagoas, na região Central de Minas, de 12 módulos fotovoltaicos para geração de energia elétrica e aquecimento de água utilizada nos banhos, para testes e validação do desenvolvimento realizado.

Ele propõe que sejam acoplados, por trás dos módulos fotovoltaicos, trocadores de calor (espécie de tubos), tendo a água como fluido de troca de energia. A técnica de tecnologia e normalização Alessandra Chagas Daniel, da Gerência de Alternativas Energéticas, explica que a radiação solar atinge os módulos, que produzem energia elétrica e se aquecem. A água circula internamente pelos tubos e sai aquecida pelo calor da radiação. Ela fica armazenada em uma central de aquecimento distrital, para ser distribuída nas casas da Vila Vicentina. O equipamento funciona com duas centrais interligadas, havendo um aumento da eficiência de conversão de

# EFICIÊNCIA ENERGÉTICA



energia elétrica nos módulos fotovoltaicos, uma vez que a troca de calor entre os módulos e a água reduz a temperatura de trabalho dos módulos, aumentando, consequentemente, a produção de energia elétrica.

Com cunho também social, e não apenas técnico, a proposta é de, posteriormente, estender o projeto ao pavilhão onde ficam os idosos dependentes. Desenvolvido em parceria com a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e o Centro Universitário UNA, o projeto tem benefícios que alcançam todos os envolvidos: na Vila Vicentina, haverá

economia de energia; bolsistas (mestrandos e doutorandos) dos parceiros serão capacitados; e a Cemig contará com o desenvolvimento de mais um projeto na área de eficiência energética e que preza pela sustentabilidade.

Os próximos passos do projeto serão testes efetivos para medir tempo do banho, autonomia da água quente, eficiência de conversão energética, entre outras informações. Com a conclusão da proposta, destaca Alessandra Daniel, a Cemig será detentora de todo um arcabouço de conteúdo, capaz de ser utilizado em outros projetos. ●

# FUTURO DA ENERGIA

## EQUAÇÃO DESAFIADORA

*Produção energética depende de tecnologias que atendam à crescente demanda e preservem os recursos naturais*

*Para João Carlos Mello, da Thymos Energia, o custo de produção ainda tem grande impacto para o melhor uso das fontes eólica e solar no Brasil*



# FUTURO DA ENERGIA

Nos últimos anos, a demanda por energia, no mundo inteiro, cresceu em proporções geométricas, numa média muito maior do que o avanço populacional. Entre as razões para essa aceleração, estão a expansão das grandes cidades, o desenvolvimento do setor industrial e a alta global na procura por equipamentos eletrônicos. Para os próximos anos, as previsões seguem apontando mais consumo. Na Índia, cerca de 400 milhões de pessoas ainda não têm acesso à eletricidade, um cenário parecido ao encontrado em localidades da Ásia, da África e da América Latina. Hoje, muitos se perguntam, com certa preocupação, de onde sairá tanta energia quando todo esse contingente deixar a linha de pobreza.

Entidades como a Agência Internacional de Energia (IEA - *International Energy Agency*), com sede nos Estados Unidos, e empresas do segmento avaliam que a resposta passa por aumentar o uso de fontes de energia renovável, como a solar, a eólica e a hidráulica, em conjunto com o melhor aproveitamento das não-renováveis, nas quais se enquadram o carvão e o petróleo. A explicação está nas características ambientalmente corretas das primeiras, cuja produção não exige descarga de gás carbônico, e a eficiência e a disponibilidade das últimas, que têm estruturas consolidadas de produção, ainda consideradas por especialistas imprescindíveis para os dias de hoje.

A grande questão é que os avanços das tecnologias para o aumento da eficiência energética não acompanham o crescimento acelerado das necessidades humanas. As mudanças do setor são lentas, na avaliação do engenheiro João Carlos Mello, da Thymos Energia, empresa de gestão e consultoria que tem, entre os clientes, a Cemig e a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Ele cita como exemplo a exploração do pré-sal no Brasil, que exigirá anos para construção de estruturas que permitam recolher os barris de petróleo e distribuir o combustível. "Costumamos comparar o segmento de energia a um grande transatlântico, que até consegue mudar a direção, mas o faz de forma devagar", diz Mello. "Muitas vezes, tão devagar

que, quando se completa, a tecnologia já está ultrapassada", observa.

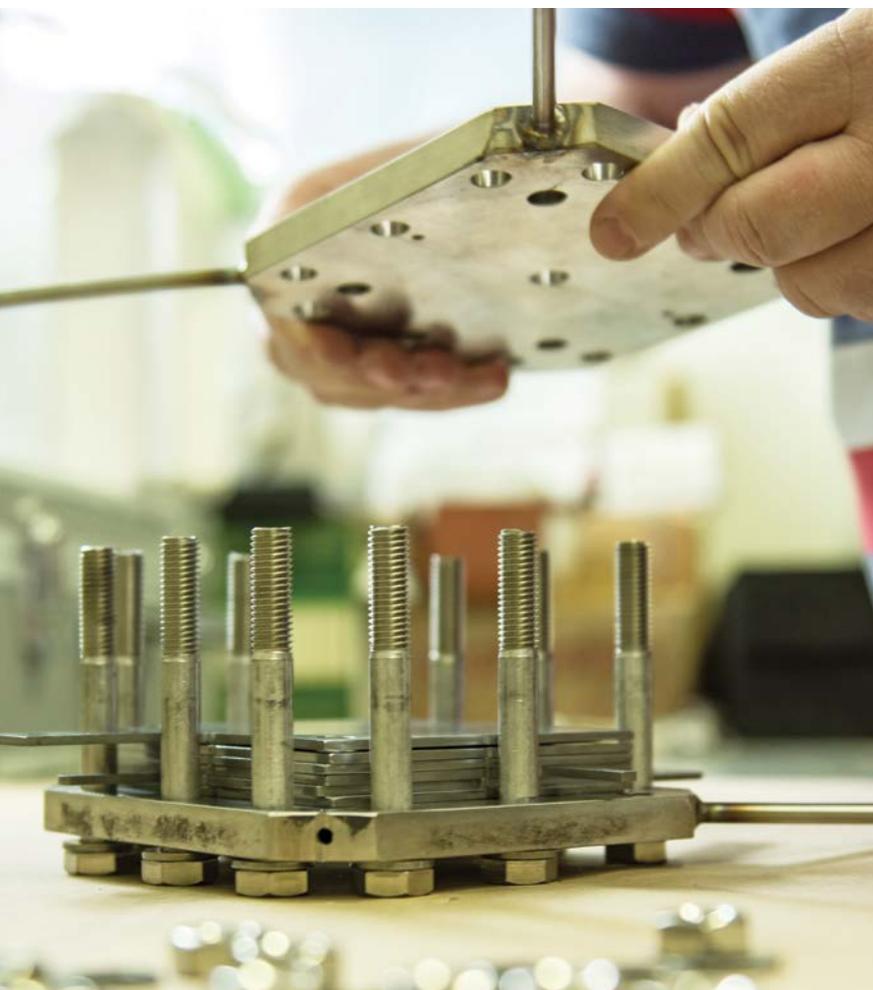
No Brasil, o caminho desse "transatlântico" tem como fim as energias renováveis. Mello aponta que o país cresceu, nos últimos anos, na produção de energia eólica. Hoje, segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica, existem 262 usinas instaladas, a maioria na região Nordeste. Uma capacidade somada de 6,56 GW. As perspectivas para o final de 2017, de acordo com a entidade, indicam 8,7 GW.

Crescimento também na energia solar, embora menos significativo. Desde o ano passado, a Aneel vem abrindo leilões para instalação de terminais para geração fotovoltaica. O Brasil, segundo a agência, está entre os mais promissores na utilização dessa fonte. A radiação varia entre 8 e 22 MJ/m<sup>2</sup> durante o dia, sendo que as menores variações ocorrem de maio a julho, quando varia entre 8 e 18 MJ/m<sup>2</sup>. Se bem aproveitada, essa radiação poderia abastecer com folga boa parte das grandes cidades brasileiras.

Apesar de todo potencial, o aproveitamento nacional, tanto com relação à geração eólica quanto à solar, é pequeno. De acordo com a Aneel, a eólica responde por 4,5% de nossa matriz energética. A solar, por apenas 0,007%. Na Alemanha, que não possui a radiação dos trópicos, a energia fotovoltaica atende mais da metade de toda a demanda do país.

O grande impasse para o melhor uso dessas duas fontes está no custo de produção. Segundo João Carlos Mello, o desenvolvimento das tecnologias e a manutenção dos equipamentos ainda tornam os processos dispendiosos, no caso da solar. Além disso, a garantia de fornecimento depende das condições climáticas. Por essas razões, as fontes hídricas, também renováveis e altamente disponíveis no país, encabeçam a matriz energética brasileira. As hidrelétricas representam 62% de tudo o que aqui é oferecido.

# FUTURO DA ENERGIA



*Projeto com pilha prevê a introdução do uso do hidrogênio como vetor energético*

O melhor para o país, na avaliação de Mello, seria aplicar tecnologias eficientes na geração de energia eólica e solar para complementar a base hidrelétrica, de forma que não ocorra qualquer risco de desabastecimento nos períodos de seca prolongada, como o registrado no fim de 2014 e no início de 2015. “Vivemos na busca por uma combinação de sustentabilidade ambiental e de segurança para o crescimento econômico. A pior solução, com certeza, é negar o potencial brasileiro e o amplo direito de crescimento do uso da energia elétrica para toda a população”, defende o engenheiro.

## PILHA A COMBUSTÍVEL GERA ELETRICIDADE E ÁGUA

As trajetórias das novas formas de energia no mundo passam, necessariamente, pela

preservação ambiental. Assim defendem especialistas do setor, como o engenheiro João Carlos Mello, e grandes empresas que atuam na geração e no fornecimento, entre elas, a Cemig. Entre as pesquisas promovidas pela companhia, um protótipo de pilha consegue produzir eletricidade a partir da reação química entre oxigênio e hidrogênio e deixar, como resíduo no meio ambiente, apenas água.

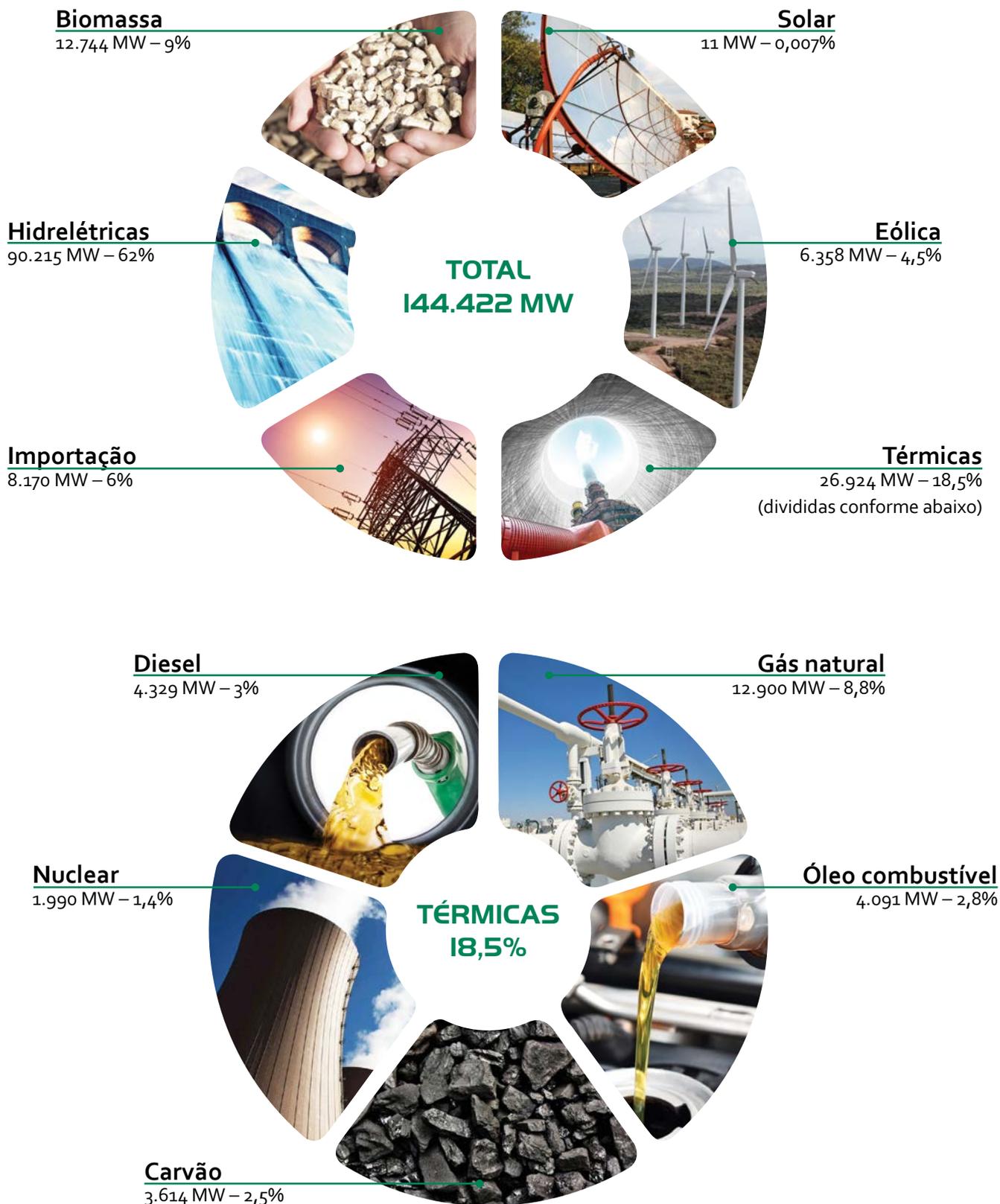
A Cemig, em parceria com o Departamento de Química da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), realizou, entre 2011 e 2014, o P&D GT 291, que consistiu em testes para o desenvolvimento da pilha a combustível de óxido sólido (material cerâmico), com potência de geração de 1 kW. Aquecidas a temperaturas superiores a 600°C, essas pilhas conseguem rendimento elétrico acima de 70%, ou seja, quase dois terços de toda a energia produzida são transformados em eletricidade. Um índice maior do que o obtido pelas máquinas térmicas, de rendimento médio de 30%. Além disso, elas se encontram no porte e no contexto da geração distribuída.

Essas pilhas são abastecidas por hidrogênio puro ou por combustíveis que sejam fonte desse elemento. “As pilhas provocam um mínimo de dano à natureza, uma vez que, quando alimentadas diretamente por hidrogênio, não emitem gases responsáveis pelo efeito estufa”, explica a química Aláise Madureira, técnica de tecnologia e normalização da Cemig. “O uso da pilha de forma abundante, para geração descentralizada de energia, possibilitará a diversificação da matriz energética com sistemas de geração de energia mais eficientes e menos poluentes”, acredita.

A empresa construiu na UFMG um centro de estudos específicos para essa tecnologia, que é o Laboratório de Materiais e Pilhas a Combustível (Lampac), inaugurado em 2006. “Mesmo com experiências do tipo em outros países, o trabalho realizado no laboratório não deixa de ser um marco, por ter sido possível criar um protótipo, a partir de estudos e da capacidade de cientistas brasileiros”, ressalta. ●

# FUTURO DA ENERGIA

## SISTEMA INTEGRADO NACIONAL



(Fonte: Aneel / Julho de 2015)

# PRÊMIO MINEIRO DE INOVAÇÃO



*Carlos Nascimento aposta na participação voluntária da sociedade para ajudar a combater focos de incêndio*

## MONITORAMENTO AMBIENTAL É DESTAQUE

*Tecnologia utiliza imagens de mata, captadas por linhas de transmissão de energia, lançadas na web em tempo real*

Um projeto da Cemig, que une prestação de serviço, preservação do meio ambiente e estímulo à participação social, ganhou destaque na primeira edição do Prêmio Mineiro de Inovação, promovido pela Câmara Ítalo-Brasileira de Comércio, em parceria com o Governo de Minas Gerais e com a Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (Fiemg). A tecnologia de monitoramento ambiental, utilizando imagens reais de matas captadas em regiões próximas a linhas de transmissão de energia, venceu a categoria intangível, direcionada a trabalhos cujo valor agregado à sociedade não pode ser mensurado em números. O estudo foi realizado em parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e com as empresas Axxiom, Enacom e DSPArt.

A coordenação do projeto, iniciado em 2012, coube ao engenheiro de tecnologia e normalização Carlos Alexandre Meireles do Nascimento, da Gerência de Engenharia de Ativos de Distribuição. Ele explicou o passo a passo do monitoramento, que vem sendo aplicado como teste na mata da UFMG, que fica localizada na

região da Pampulha, em Belo Horizonte. O objetivo é reduzir a ocorrência de incêndios em regiões de interesse ambiental e nos grandes centros urbanos, por meio da participação voluntária da sociedade pela internet.

A proposta inovadora, segundo Meireles, é simples. Nas estruturas das linhas de transmissão e redes de distribuição, são colocados equipamentos de videomonitoramento apontados para as matas. As imagens geradas seguem para a *web*, armazenadas em um *site* criado especialmente para essa vigilância, podendo ser acompanhadas em tempo real pelos internautas de qualquer parte do mundo e por meio de algoritmos de localização de focos de fumaça e fogo. Ao sinal de fumaça ou qualquer indício de incêndio, a expectativa é de que os visitantes da página acionem os bombeiros e outros órgãos responsáveis pelo meio ambiente, para confirmar se os alarmes gerados de forma automática pelo sistema são verdadeiros. O projeto ainda é piloto, mas, segundo Meireles, pode avançar, inclusive para outras cidades. ●

# PRINCIPAIS INDICADORES CEMIG - 2014

Dados Gerais		2010	2011	2012	2013	2014
Número de consumidores - em milhares <sup>1</sup>		7.065	7.336	7.535	7.781	8.008
Número de empregados		8.859	8.706	8.368	7.922	7.922
Número de municípios atendidos		774	774	774	774	774
Área de concessão - km <sup>2</sup> <sup>2</sup>		567.740	567.740	567.740	567.478	567.478
FEC - número de interrupções		6,56	7,01	7,04	6,26	5,58
DEC - horas		13,00	14,32	14,74	12,49	10,77
Número de usinas em operação <sup>3</sup>		66	66	70	70	70
Capacidade instalada - MW <sup>4</sup>		6.896	6.964	7.038	7.038	7.717
Extensão das linhas de transmissão - km <sup>4</sup>		8.768	8.794	9.413	9.748	9.748
Extensão das linhas de subtransmissão - km		16.835	16.915	17.594	17.218	16.160
Extensão da rede de distribuição - km	Total	453.935	467.679	480.932	486.045	491.848
	Urbana	91.465	93.823	96.182	98.175	99.818
	Rural	362.470	373.856	384.750	387.870	392.030

Dimensão Econômica		2010	2011	2012	2013	2014
Receita operacional líquida - R\$ milhões		12.863	15.749	14.137	14.627	19.540
Lajida ou Ebitda - R\$ milhões		4.543	5.351	5.084	5.983	6.382
Lucro líquido (prejuízo) - R\$ milhões		2.258	2.415	4.272	3.104	3.137
Patrimônio líquido - R\$ milhões		11.476	11.745	12.044	12.638	11.285
Valor de mercado - R\$ milhões		18.220	22.694	19.292	17.629	16.812
Dividendos pagos - R\$ milhões <sup>5</sup>		1.196	2.036	2.918	2.818	797
Dividend Yield (%)		9	11	22	9,2	23,5

Dimensão Ambiental		2010	2011	2012	2013	2014
Recursos aplicados em meio ambiente - R\$ milhões <sup>6</sup>		54,3	53,4	59,4	52,4	52,8
Consumo de combustível frota (GJ)		217.553	198.640	180.407	169.470	144.780
Capacidade instalada livre de emissões de GEE (%)		97,2	97,2	97,3	97,3	97,3
Consumo total de água - m <sup>3</sup> <sup>7</sup>		1.846.281	1.597.078	1.449.756	1.313.486	1.424.540
Emissões diretas de CO <sub>2</sub> - t métricas		59.922	24.506	53.573	146.101	617.717
Investimentos em P&D meio ambiente - R\$ milhões		0,8	2,5	6,6	10	11,7

Dimensão Social		2010	2011	2012	2013	2014
Média de horas de treinamento por empregado		75,66	43,18	35,50	69,60	49,37
Total de recursos aplicados em responsabilidade social - R\$ mil <sup>8</sup>		77.440	75.074	115.023	83.234	109.622
Taxa de frequência de acidentes - empregados próprios <sup>9</sup>		0,41	0,25	0,23	0,34	0,34
Taxa de frequência de acidentes - empregados contratados <sup>9</sup>		0,60	0,79	0,51	0,45	0,42

<sup>1</sup> O gráfico com o número de consumidores por categoria está descrito no item Mercado da Cemig.

<sup>2</sup> Contempla alterações nos anos anteriores, refletindo área de concessão somente da Cemig Distribuição.

<sup>3</sup> Números da Cemig.

<sup>4</sup> Números consolidados da Cemig, incluindo proporcionalmente as participações em sociedades controladas/coligadas, contemplando alterações nos anos anteriores para compatibilização com o novo critério.

<sup>5</sup> Valor do dividendo relativo a 2014 a ser proposto à AGO de 30/04/2015.

<sup>6</sup> Somatório dos recursos aplicados em meio ambiente destinados à operação e manutenção.

<sup>7</sup> Somatório dos consumos de água com finalidade administrativa e industrial.

<sup>8</sup> Somatório dos recursos investidos em Indicadores Sociais Externos e Total Indicadores Sociais Internos. Para mais detalhes, vide Balanço Social.

<sup>9</sup> Número de acidentados com lesão, com afastamento, por 200.000 horas trabalhadas.



**BUSCAR SEMPRE A  
MELHOR ENERGIA PARA O  
MUNDO É PENSAR EM VOCÊ.  
ESSE É NOSSO MAIOR  
COMPROMISSO.**

Para a Cemig, pensar no futuro é buscar hoje a melhor energia para as pessoas e para o planeta. Por isso, investimos permanentemente em fontes renováveis de energia como a água. Ampliamos nosso portfólio de geração de alternativas sustentáveis como a biomassa. Criamos a maior usina solar do país em um estádio de futebol. E somos parte do grupo que controla o maior complexo gerador de energia eólica na América Latina.

**Tudo porque sabemos que a energia boa  
para você é também a melhor para todos nós.**

Foto: Parque Eólico de Parajuru

**CEMIG**

A Melhor Energia do Brasil.

**MINAS  
GERAIS**  
GOVERNO DE TODOS