

PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

revista

INFORMATIVO DO PROGRAMA DE  
GESTÃO ESTRATÉGICA DE TECNOLOGIA  
DA CEMIG • 2013 • Nº9

P  
&  
D



**CEMIG**

A Melhor Energia do Brasil.

PARA A CEMIG, CRESCER  
É MUITO MAIS QUE  
MELHORAR OS NÚMEROS.  
CRESCER É APROXIMAR.

A Cemig sabe que o seu crescimento tem que estar acompanhado da proximidade com os clientes. É por isso que sempre investe em tecnologias e estratégias para ampliar a sua capacidade de atendimento, como o Cemig Torpedo, serviço de mensagens SMS, o Portal Cemig no [www.cemig.com.br](http://www.cemig.com.br) e o Fale com a Cemig pelo telefone 116. Mais do que cumprir o seu papel social, a Cemig acredita em transformar o mundo em um lugar melhor do que ela encontrou. Mais do que prestação de serviços, a Cemig quer criar um ótimo relacionamento com todos os mineiros.

**CEMIG**  
A Melhor Energia do Brasil.

**GOVERNO  
DE MINAS**

CEMIG TORPEDO

PORTAL CEMIG

CEMIG 116

# Índice



## I. ENERGIA DO FUTURO

### Novos caminhos para a distribuição de energia

Apostando na integração com redes de telecomunicações, Cemig testa projeto Cidades do Futuro, que amplia acesso do cliente aos dados de consumo ..... 8

### Monitoramento preciso

Plataforma de medição detalha informações sobre consumo energético e contribui com redes de transmissão e distribuição inteligentes ..... 13

### Inovação na hora de medir

Projeto possibilita o tratamento simultâneo de informação de sistemas elétricos geograficamente afastados ..... 16

### Simples, barato e eficiente

Nova solução permite o restabelecimento remoto da energia nas áreas rurais ..... 18



## 2. OTIMIZAÇÃO DE ATIVOS E PROCESSOS

### Uma opção ainda melhor

Projeto desenvolvido pela Taesa confere otimização de processo de descontaminação de óleo isolante em reatores e transformadores ..... 22

### Bons ventos para as linhas aéreas de transmissão

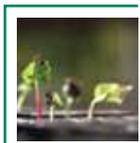
Utilização de novo sistema pode gerar ganho de até 30% na capacidade das linhas aéreas de transmissão ..... 26

### Projeto mira eficiência e controle de custos na distribuição

Com foco na redução dos riscos associados à revisão tarifária da Aneel, iniciativa garante atendimento de qualidade e tarifa justa ..... 28

### Cemig investe na proteção das linhas de transmissão

Medida evita desligamentos indevidos e traz mais comodidade aos clientes ..... 30



## 3. GERAÇÃO E MEIO AMBIENTE

### Previsão de vazões na bacia de Três Marias antecipa solução de problemas

Sistema integra a telemetria a modelos hidrológicos e de previsão climática ..... 34

### Impactos ambientais em uma hidrelétrica

Procedimento de descarga de fundo na Pequena Central Hidrelétrica de Paciência é objeto de estudo de P&D ..... 38

## ARTIGO

Entenda a Propriedade Intelectual ..... 41

## Diretoria

**Diretor-Presidente:**

*Djalma Bastos de Moraes*

**Diretor Vice-Presidente:**

*Arlindo Porto Neto*

**Diretor Comercial:**

*José Raimundo Dias Fonseca*

**Diretor de Distribuição e Comercialização:**

*Ricardo José Charbel*

**Diretor de Desenvolvimento de Negócios:**

*Fernando Henrique Schuffner Neto*

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

*Luiz Fernando Rolla*

**Diretor de Gás:**

*José Carlos de Mattos*

**Diretor de Gestão Empresarial:**

*Frederico Pacheco de Medeiros*

**Diretor de Geração e Transmissão:**

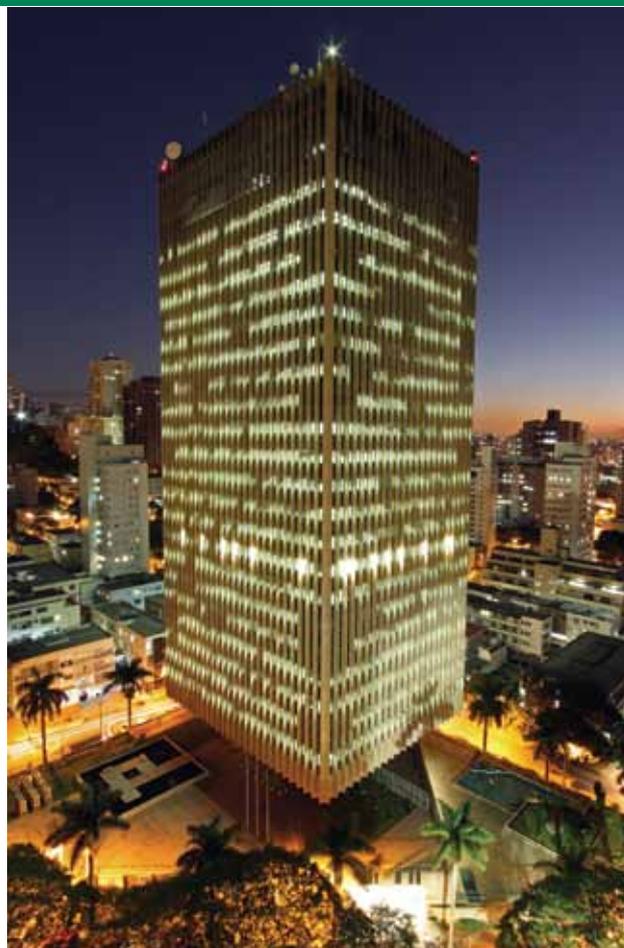
*Luiz Henrique de Castro Carvalho*

**Diretora Jurídica:**

*Maria Celeste Moraes Guimarães*

**Diretor de Relações Institucionais e Comunicação:**

*Luiz Henrique Michalick*



*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**

*Alexandre Francisco Maia Bueno*

**Editada pela Superintendência de Comunicação Empresarial**

*Av. Barbacena, 1.200 - 19º andar - Belo Horizonte-MG - imprensa@cemig.com.br - www.cemig.com.br*

**Editor Responsável**

*Etevaldo Lucas Queiroz*

**Coordenação de Edição**

*Elizeth Nunes da Silva*

**Produção**

*Interface Comunicação*

**Redação**

*Clara Guimarães, Marcos dos Anjos e Valéria Prochnow*

**Edição**

*Veronica Anselmo Soares*

**Revisão**

*Melissa Boëchat*

**Projeto Gráfico**

*É editora!*

**Diagramação**

*Fernanda Braga*

**Fotografia**

*Eugenio Paccelli*

**Impressão**

*Gráfica e Editora Cedábio*

**Tiragem**

*10 mil exemplares*

## BENEFÍCIOS PARA A SOCIEDADE

---

Na vida, encontramos satisfação em pequenas conquistas. Montar um quebra-cabeças com os filhos e ver a alegria dos pequenos diante da imagem completa. Retirar do forno o prato principal para o almoço em família. Dedilhar no violão os acordes da primeira música aprendida. Valorizar as mais simples vitórias nos prepara para construir e celebrar as grandes. Assim, a superação dos desafios de cada etapa e a valorização de cada meta alcançada nos tornam mais conscientes dos processos realizados e de seus resultados, das mudanças que eles provocam em nós mesmos e ao nosso redor.

Para o Programa de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da Cemig, o momento é de comemoração! Queremos compartilhar os resultados alcançados pelos 400 projetos desenvolvidos nos últimos 13 anos, os quais se constituem como polo de inovação, aprendizado e excelência não somente para a Empresa, mas para todo o setor energético. Seja qual for a natureza dos resultados alcançados, estes irão realimentar a cadeia da inovação, exigindo da Cemig o aprimoramento constante da gestão tecnológica, com vistas a fomentar o mercado, atrair investidores e viabilizar novos negócios. Como em nosso dia a dia, cresce a necessidade de aprender uma nova receita ou canção, como cresce a satisfação a cada aprendizado construído.

Nossa satisfação maior é a inovação tecnológica em si, resultado intangível que se desdobra em qualificação técnico-científica do capital humano, na eficiência operacional, na colaboração entre a rede de parceiros e na gestão de novos conhecimentos. Tais resultados reforçam o papel empreendedor da Empresa e favorecem a valorização e permanência dos pesquisadores brasileiros em nossos centros de pesquisa e universidades.

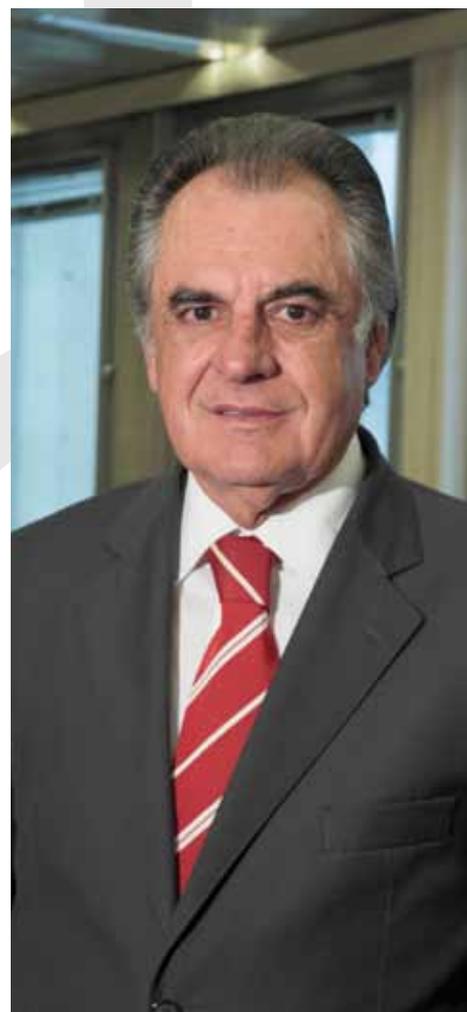
Atrelados a essa dimensão imaterial, encontram-se os resultados mais práticos, que englobam a publicação de livros, a produção de artigos científicos, o aparelhamento de laboratórios, a criação de centros de excelência em universidades mineiras, a melhoria da infraestrutura para P&D, o registro de propriedades intelectuais e até mesmo os contratos de licenciamento, que geram *royalties* para a Cemig sobre produtos fabricados e vendidos.

Podemos ressaltar, ainda, outros resultados significativos não apenas para a Empresa, mas para o meio ambiente, como a diminuição de custos dos processos e a redução do impacto ambiental gerado pelos negócios. De fato, os benefícios produzidos pelos projetos de P&D desenvolvidos na Cemig ultrapassam os limites do programa em si, contribuindo para o bem da sociedade e das futuras gerações.

Os artigos a seguir apresentam os resultados alcançados pelo Programa de Pesquisa e Desenvolvimento da Cemig. Esperamos que eles inspirem mais descobertas e que despertem o desejo de vencer novos desafios, seja na esfera pessoal ou profissional.

Celebramos nossas conquistas porque reconhecemos a importância de cada uma delas para a história da Empresa, para o setor energético e para toda a sociedade.

**Arlindo Porto Neto**  
Diretor Vice-Presidente







# ENERGIA DO FUTURO



# ENERGIA DO FUTURO

## **NOVOS CAMINHOS PARA A DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA**

*Apostando na integração com redes de telecomunicações, Cemig testa projeto Cidades do Futuro, que amplia acesso do cliente aos dados de consumo*

O projeto *Cidades do Futuro* já é uma realidade para cerca de 3 mil moradores de Sete Lagoas (MG). Na cidade, a Cemig instalou medidores inteligentes, equipamentos que enviam diariamente dados sobre o consumo de energia do imóvel para o centro de medição da concessionária, em Belo Horizonte. O novo

sistema, ainda em fase de testes, permite que o cliente monitore seu consumo diário e semanal e ainda estabeleça metas de gastos para controlar o valor da conta de luz. Além disso, o projeto traz funcionalidades que inauguram no Brasil um novo tipo de fornecimento – mais eficiente, econômico e sustentável.

# ENERGIA DO FUTURO

Essa nova forma de consumo é possível graças à integração das redes de telecomunicações com a rede de distribuição da Cemig. Para testar e implantar essa nova tecnologia, a Cemig criou, em 2009, o projeto *Cidades do Futuro*, que será estendido ainda em

2013 para outras cidades do entorno, como Baldim, Funilândia, Jequitibá, Prudente de Moraes, Santana de Pirapama e Santana do Riacho. A iniciativa é considerada um dos mais abrangentes projetos de pesquisa e desenvolvimento da arquitetura de redes inteligentes na América Latina.

*Vista da cidade de Sete Lagoas, onde foram instalados os medidores inteligentes*

# ENERGIA DO FUTURO



*Equipe do Projeto Cidades do Futuro, que permite ao cliente monitorar seu consumo diário e semanal e estabelecer metas de gastos*

Conforme explica o superintendente de Desenvolvimento e Engenharia da Distribuição da Cemig, Denys Cláudio Cruz de Souza, os clientes participantes do teste em Sete Lagoas já têm acesso, por meio do *site* do projeto ([www.cemig.com.br/smartgrid](http://www.cemig.com.br/smartgrid)), às novas informações de consumo. “Com a mesma senha da agência virtual, esses clientes podem acompanhar dados que antes eram gerados apenas mensalmente. Esses dados também são disponibilizados em aplicativos para *tablets* e *smartphones* com sistemas operacionais iOS e Android”, afirma.

Outra preocupação, segundo o superintendente, é a questão da segurança da informação. “Temos de preservar a confidencialidade das informações dos clientes. Por isso, os dados são acessados unicamente por meio de *login* e senha exclusivos. O sistema também é integrado a outros mecanismos de segurança já utilizados pela Cemig em suas operações”, destaca.

## A CIDADE DO FUTURO

- Instalação de 3 mil medidores inteligentes em Sete Lagoas (MG).
- Banco de dados permite monitoramento diário do consumo (*Smart Grids*).
- Por meio do *site*, clientes acessam de *tablets* e *smartphones* os detalhes do consumo.
- Inovação traz mais confidencialidade e segurança.
- Consumidor poderá gerar a própria energia e repassar para a Cemig o excedente (p. ex. energia solar).

# ENERGIA DO FUTURO

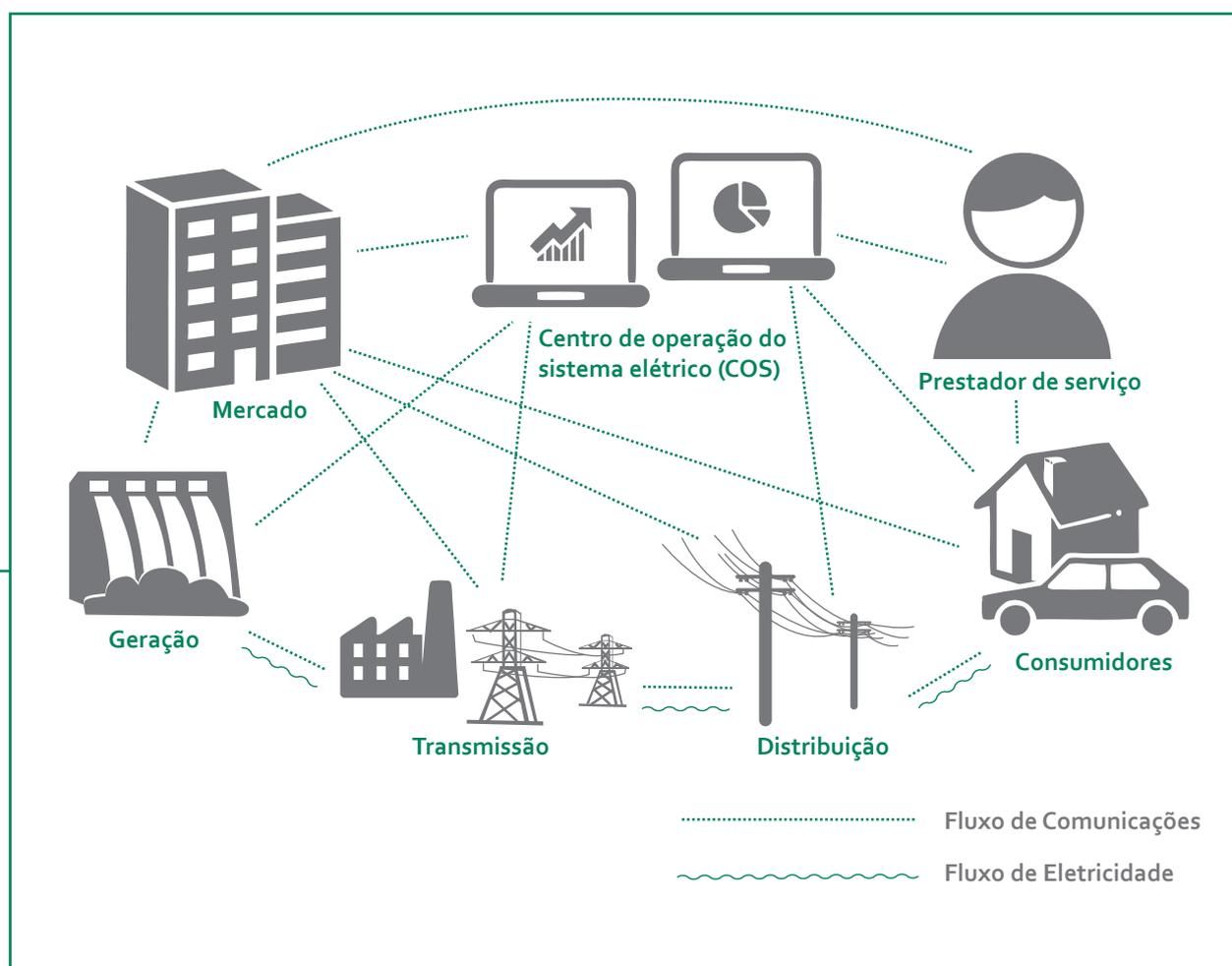
## NOVA FORMA DE RELACIONAMENTO

Assim como já ocorre em vários países, o consumidor terá a possibilidade de gerar a própria energia em casa, por exemplo, por meio de painéis solares fotovoltaicos, repassando para a Cemig o excedente de energia. Essa modernização do sistema de fornecimento também terá reflexos no aprimoramento da qualidade do serviço prestado. Em caso de interrupção de energia não programada, por exemplo, a Cemig será automaticamente avisada. Com isso, a localização, o isolamento e a restauração da energia acontecerão de forma automatizada.

A gerente do projeto, Amanda Regina Mascarenhas Diniz, lembra que, para ser

colocada em prática, essa modernização depende de adequações na legislação brasileira e da análise dos resultados técnicos e econômicos obtidos na fase de testes em Sete Lagoas, prevista para ser finalizada em agosto de 2014. "A tecnologia é o futuro do sistema elétrico. Para a formulação do projeto, fomos conhecer de perto de que forma países como Canadá, Austrália, Estados Unidos e nações europeias promoveram a integração das redes inteligentes com o sistema de distribuição de energia", comenta.

Ela complementa que Sete Lagoas e seu entorno foram escolhidos para o teste porque na região há um universo populacional e de consumidores que



# ENERGIA DO FUTURO

garantem uma boa amostra do mercado da empresa. A presença do *campus* da UniverCemig, universidade corporativa da Cemig, também foi relevante, por contar com uma rede-modelo e com laboratórios para os testes da tecnologia, bem como para a capacitação das equipes.

## IDEIA COMPARTILHADA

Denys Cláudio também chama a atenção para outro objetivo do projeto, que é a disseminação do conceito de *Smart Grids* na distribuição de energia elétrica, contribuindo para a consolidação da

*Novos medidores foram instalados em 3 mil residências de Sete Lagoas (MG)*

tecnologia no Brasil. “Para isso, temos apresentado esse trabalho em vários eventos sobre o tema, tanto no Brasil quanto nos Estados Unidos e na Europa. Dessa forma, conseguimos dar visibilidade à ideia, estimular as discussões e gerar conhecimento em torno do assunto”, afirma.

A previsão da Cemig é que, ao longo deste ano, sejam feitas todas as instalações de medidores e redes de telecomunicações em Sete Lagoas e região. Já em 2014, será a hora de fazer uma avaliação global para que sejam planejados os próximos passos do *Cidades do Futuro*. ●



## MONITORAMENTO PRECISO

*Plataforma de medição detalha informações sobre consumo energético e contribui com redes de transmissão e distribuição inteligentes*

Quando se fala em economizar energia, recomendações como a diminuição do uso do chuveiro elétrico ou o desligamento de aparelhos eletrônicos da tomada quando não estão sendo utilizados são frequentes. No dia a dia, no entanto, é difícil saber exatamente de onde vêm os maiores gastos de energia elétrica e qual é o perfil de consumo de uma edificação.

Com o aumento de cargas sensíveis ou críticas que estão conectadas à rede, investimentos em infraestrutura das redes de transmissão e distribuição inteligentes (também conhecidas como *Smart Grids*) ganham cada vez mais espaço, bem como a importância do monitoramento preciso do consumo de energéticos. Pensando nisso, um grupo de pesquisadores da Cemig, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e do Centro Federal de Educação Tecnológica (Cefet-MG) apresentou ao Programa de Pesquisa & Desenvolvimento - Cemig/Aneel, em 2010, o projeto "Infraestrutura de uma Rede Inteligente (*Smart Grid*) a Baixo Custo".

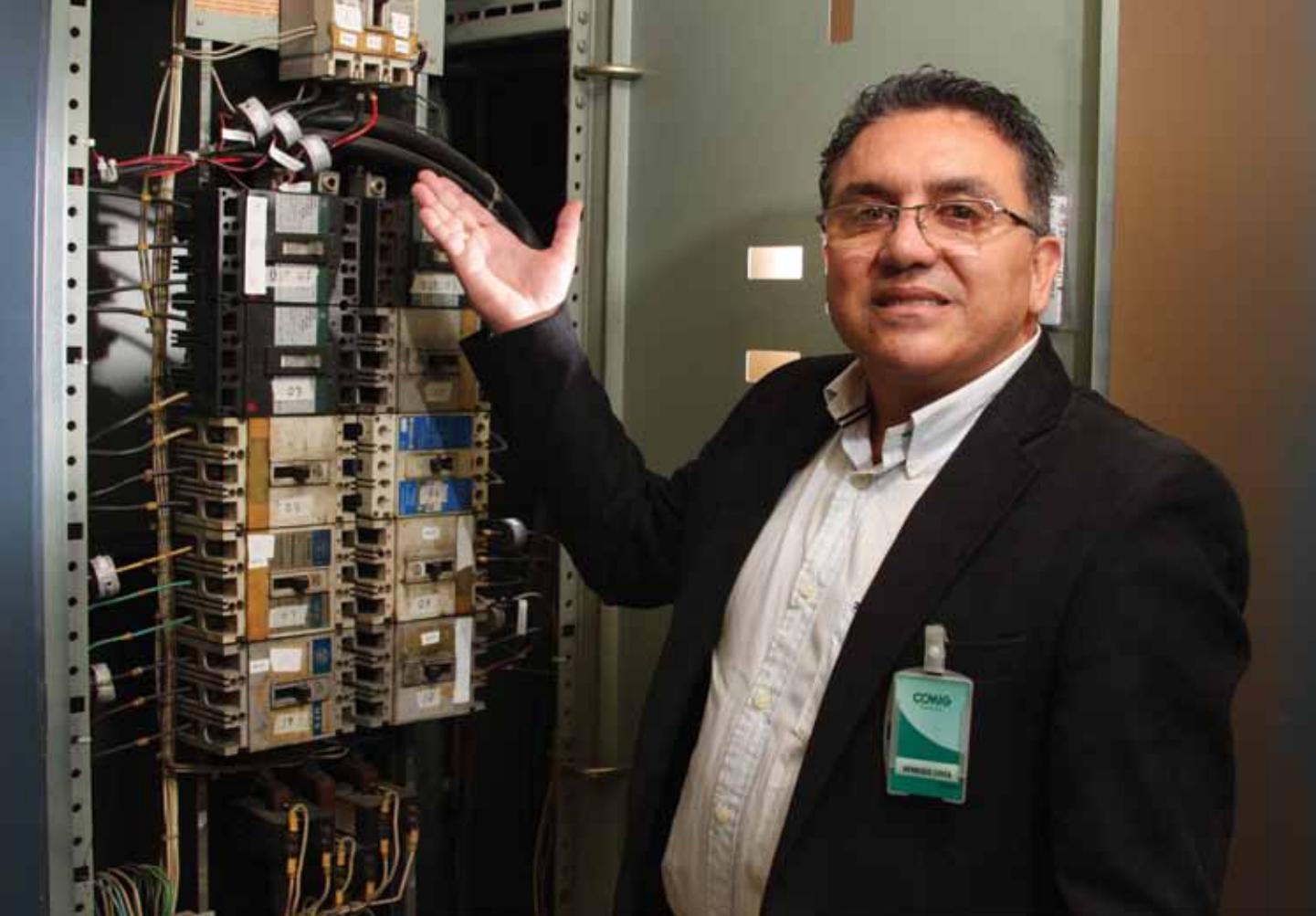
A pesquisa tem foco na implantação do Sistema Integrado de Gerenciamento Automatizado (Siga) e consiste na continuação de um projeto desenvolvido há quase dez anos pela mesma equipe: o Centro de Monitoramento de Usos Finais (CMUF), nome inicialmente utilizado para o Siga. Trata-se de uma plataforma computacional que viabiliza a telemedição (monitoramento) e o telecomando (liga/desliga) de energia e outras variáveis, como temperatura, vazão e pressão, em residências, edificações comerciais e industriais de maneira específica, por meio de sensores distribuídos ordenadamente nas instalações.

"Essa plataforma vem sendo desenvolvida desde a fase de pesquisa básica até o momento atual, conhecido como Lote Pioneiro, com acompanhamento e aprimoramento alinhados ao desenvolvimento tecnológico do mercado. Com isso, surgiu a oportunidade de também contribuir com a implantação da arquitetura das redes inteligentes, principalmente no que se refere às ações de Gerenciamento do Lado da Demanda – GLD (*demand response*), como explica o gerente do projeto e engenheiro da Gerência de Desenvolvimento de Sistemas de Engenharia da Distribuição, Henrique Costa.

A tecnologia foi licenciada para ser industrializada e comercializada por uma empresa incubada para esta finalidade, de modo a torná-la acessível a todos os

### NA PRÁTICA

O primeiro edifício a testar o Siga foi o prédio do Departamento de Estradas e Rodagem de Minas Gerais (DER-MG), em 2005. Outras edificações de diversos portes também já utilizam a plataforma, como é o caso do edifício-sede da Cemig, em Belo Horizonte. Com o uso do sistema, a forma de monitorar e gerenciar o consumo de energia elétrica foi modernizada, possibilitando melhorias nos índices de sustentabilidade, no uso eficiente de energia elétrica e outros insumos importantes como a água, além do desenvolvimento de metodologia de novos indicadores de gerenciamento, principalmente de eficiência energética.



*Henrique é o gerente do projeto que criou a plataforma de medição, que detalha as informações sobre consumo energético*

segmentos de clientes da Cemig e possibilitar o acompanhamento do perfil de consumo estratificado dos diversos usos finais de energia, bem como permitir fazer avaliações técnicas e financeiras dos desempenhos, por exemplo, dos diversos equipamentos das edificações.

A plataforma possui unidades remotas de aquisição de dados que se interligam, por meio de uma rede de comunicação via servidor *web* ou *modem*, a um banco de dados para onde as medições são enviadas. Com isso, é possível que os usuários acessem as informações pela *internet*, o que permite a avaliação da qualidade do fornecimento de energia e de como ela é utilizada.

Além disso, o consumidor pode quantificar os gastos com energia e avaliar os custos do desperdício, podendo calcular potencial e tempo de retorno com investimento em equipamentos e implementações mais eficientes. A plataforma permite, ainda, o fornecimento de dados quantitativos do emprego de novas tecnologias de geração e possibilita o planejamento do consumo mensal, sendo eficiente no levantamento de ações possíveis para o cumprimento de metas.

## O INÍCIO DE TUDO

O Siga começou a ser concebido por meio de um projeto iniciado em 2004. Na época, existia a necessidade de criação de um equipamento economicamente viável e versátil e que atendesse também ao acompanhamento de usos energéticos em edificações que passavam por processo de maior eficiência energética.

Foi assim que surgiu o sistema, que conta com instalação e operação simples, de baixo custo, capaz de fazer uma análise completa do perfil de consumo a partir da medição de grandezas diversificadas em tempos relativamente curtos, em intervalos de um minuto. É um sistema de monitoramento capaz de prover ao consumidor de qualquer setor, seja residencial, comercial ou industrial, recursos para ajudá-lo a entender como gasta a energia elétrica e o valor da conta, além de definir as ações que poderia tomar para reduzir o desperdício.

A pesquisa foi baseada no desenvolvimento do *hardware* e do *software*; análise dos dados e de avaliação dos potenciais de eficiência energética; formas de apresentação dos resultados aos usuários; e testes em

# ENERGIA DO FUTURO

edificações monitoradas. “A aproximação da academia com o setor produtivo é essencial para o desenvolvimento tecnológico brasileiro. Com isso, conseguimos aplicar os conhecimentos e as experiências do meio acadêmico na solução de necessidades das empresas de energia, aprimorando a formação de alunos e profissionais envolvidos e obtendo ganhos substanciais com os resultados, agregando valor aos processos da empresa”, afirma Henrique.

De acordo com o gerente do projeto, “a pesquisa surgiu da necessidade da Cemig ter uma ferramenta para consolidar os diagnósticos energéticos e validar junto à Aneel

as ações e projetos de eficiência energética nas unidades consumidoras, através do Método de Medição e Verificação (M&V)”.

Como resultado do uso adequado desta ferramenta, pode-se destacar a avaliação energética realizada nos elevadores da sede da Cemig. Por meio da estratificação e avaliação contínua do uso dos elevadores foi possível determinar procedimentos de operação, que após a sua implantação irão reduzir cerca de 23% da energia consumida pelos elevadores no horário fora de ponta e 79% da energia consumida no horário de ponta do sistema elétrico da Cemig. A avaliação só foi possível devido ao uso da plataforma Siga. ●



*Sistema conta com instalação e operação simples, de baixo custo, capaz de fazer uma análise completa do perfil de consumo a partir da medição de grandezas diversificadas em tempos relativamente curtos*

## CIDADE DO FUTURO

Com a assinatura de convênio, em fevereiro de 2012, foi iniciada a execução do Lote Pioneiro do Siga para implantação na *Cidade do Futuro*, em Sete Lagoas (MG). Veja matéria sobre o projeto na página 8.

## INOVAÇÃO NA HORA DE MEDIR

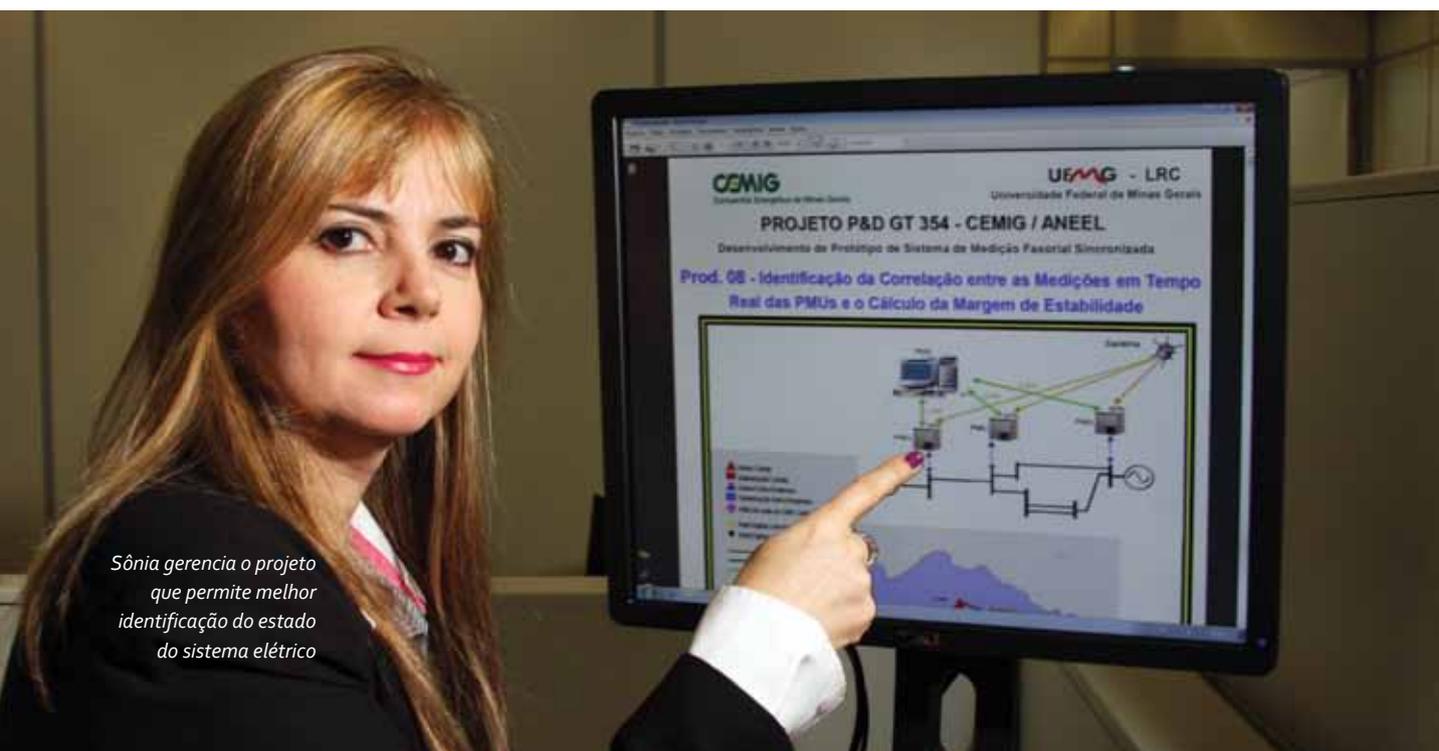
*Projeto possibilita o tratamento simultâneo de informação de sistemas elétricos geograficamente afastados*

Com o objetivo de melhorar a qualidade dos serviços prestados à sociedade, a Cemig colocou em funcionamento, em julho deste ano, o Sistema de Medição Fasorial Sincronizado (Sismef). Iniciado em 2010, o projeto foi desenvolvido para aprimorar a medição do módulo e do ângulo das grandezas elétricas tensão e corrente de forma instantânea, possibilitando o tratamento simultâneo das informações de sistemas elétricos afastados geograficamente entre si.

Essas medições são realizadas por medidores chamados Phasor Measurements Units (PMUs), com tecnologia digital inovadora. Com esses equipamentos, a Cemig visa

### SOBRE O SISMEF

O Sistema de Medição Fasorial Sincronizado (Sismef) é o *software* que monitora e permite a visualização dos sincrofasores, que são as medições coletadas por medidores chamados Phasor Measurements Units (PMUs) nas subestações.



*Sônia gerencia o projeto que permite melhor identificação do estado do sistema elétrico*



obter novas técnicas para o monitoramento e controle do Sistema Elétrico de Potência (SEP), tanto em condições normais quanto em situações de emergência, permitindo rapidez no restabelecimento da energia e maior confiabilidade e segurança ao sistema.

De acordo com a gerente do projeto, Sônia Ribeiro Campos, a novidade permite melhor identificação do estado do sistema elétrico. As medições são realizadas de forma mais rápida, robusta e eficiente do que aquelas calculadas apenas pelos medidores convencionais. Essa tecnologia tem um papel importante na determinação da classificação de sistemas dinâmicos, ajudando os operadores a controlar e manter a estabilidade do sistema. “O Sismef proporciona ganhos em várias áreas da empresa, sobretudo nas questões relacionadas à operação e à proteção do sistema elétrico, o que contribui para aumentar a qualidade da energia entregue aos consumidores”, explica.

Sônia chama atenção também para o fato de o Sismef ser uma tecnologia inovadora, não só no Brasil, mas no mundo inteiro. “O projeto está alinhado com as metas atuais da Cemig de otimização dos processos e utilização da tecnologia como fator de agregação de valor e diferencial competitivo, por meio de redução de despesas e do ganho de qualidade de serviços prestados”, destaca. A iniciativa também visa ao atendimento da implantação

do Sistema de Medição Fasorial Sincronizado (SMFS) do Sistema Interligado Nacional, que está sendo implantado e coordenado atualmente pelo Operador Nacional do Sistema Interligado Brasileiro (ONS), conforme determinação da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).

Nesse sentido, o projeto compreende um conjunto de etapas específicas. A meta não se restringiu apenas à instalação de dispositivos e à implementação de aplicativos de monitoramento do sistema elétrico, mas também buscou a formação das equipes de maneira a atuarem nas fases de concepção, implementação, implantação e desenvolvimento contínuo do sistema fasorial da empresa. ●

*Além da instalação de dispositivos e desenvolvimento de aplicativos de monitoramento, equipes foram capacitadas para atuar no projeto*

*Phasor Measurements Units (PMUs) proporcionam novas técnicas de monitoramento do Sistema Elétrico de Potência (SEP)*



## SIMPLES, BARATO E EFICIENTE

*Nova solução permite o restabelecimento remoto da energia nas áreas rurais*

A Cemig desenvolveu, em parceria com a Lupa Tecnologia e Sistemas, uma solução barata, eficiente e simples para o restabelecimento remoto da energia nas áreas rurais. O projeto, batizado de Modernização de Religadores Monofásicos Hidráulicos em Redes Rurais, deu origem ao **Ker**. O sistema atua nos religadores monofásicos hidráulicos, comumente usados nas zonas rurais. A proposta é que o *kit* consiga diminuir o tempo de interrupção e o custo das operações, evitando, ainda, deslocamentos desnecessários de eletricitistas.

— Kit eletromecânico para religadores monofásicos

Quando ocorre um problema nas redes de distribuição, o religador faz a proteção do circuito, promovendo a sua abertura. Após alguns segundos, o religador monofásico faz tentativas de restabelecimento da energia (80% das falhas não são permanentes). Porém, se o problema persistir, o religador promove a abertura definitiva do circuito, conhecido tecnicamente como bloqueio do religador. Para o restabelecimento da energia, uma equipe deve se deslocar até o local para intervir manualmente. Este procedimento demanda logística. O deslocamento das equipes é caro e, muitas vezes, demorado: “A Cemig possui

*Erivaldo e Júlio são os responsáveis pelo projeto de modernização de religadores monofásicos hidráulicos em redes rurais*

Workshop P&D CEMIG/LUPA

### Modernização de Religadores Monofásicos Hidráulicos Aplicados em Redes Rurais

Consórcio de Cooperação Técnica

Duração do Projeto: 24 m

Data de Início: Junho 2011

Data de Finalização: Junho

Unidades Participantes:

• ANEEL;

• CEMIG;

• LUPA TECNOLOGIA e SISTEMAS

# ENERGIA DO FUTURO

uma extensão de cerca de 365 mil km de rede em sua área de atendimento rural, totalizando aproximadamente 655 mil consumidores. Muitas regiões são de difícil acesso e quase todas as redes de distribuição rurais estão localizadas em áreas que sofrem muito com as intempéries climáticas,” afirma Erivaldo Costa Couto, um dos engenheiros da Cemig responsáveis pelo projeto.

Após bloqueio do religador, o Ker envia sinais via celular para o Centro de Operação de Distribuição (COD), informando que o bloqueio foi realizado para que as providências cabíveis sejam tomadas. Assim, o religador pode ser acionado remotamente, sem a necessidade de interferência humana, além de auxiliar na diminuição do tempo de localização de defeitos permanentes. Pelos estudos de viabilidade realizados pela equipe desde o início do projeto, em 2010, estima-se que o investimento no equipamento se paga em uma média de dois anos.

O produto, que está em fase de requerimento de patente, interfere minimamente nos religadores monofásicos usados pela Cemig. O modelo, importado, não precisa ser aberto para receber o Ker, ou seja, seu sistema interno permanece original, de fábrica. Para ser economicamente viável, o custo da criação não poderia passar de 40% do valor total dos religadores hidráulicos usados nas zonas rurais. “Se criássemos um produto que ultrapassasse esse valor, o projeto não faria sentido, pois há no mercado aparelho similar. Porém, o modelo disponível é caro e sua tecnologia é uma adaptação do modelo usado em sistemas trifásicos. Para circuitos trifásicos o custo se justifica, o que não acontece para circuitos monofásicos, mais utilizados nas zonas rurais,” explica o engenheiro Júlio Ventura, parceiro de Erivaldo na Cemig.

A Cemig está em processo de aquisição de 100 peças, junto à Lupa – parceira responsável pela fabricação –, para iniciar a produção seriada. Assim que estiver pronto para ser comercializado, o Ker beneficiará outras

concessionárias de energia elétrica em todo o país. A Lupa, com o consentimento da Cemig, poderá vender o produto, que tem previsão de entrada no mercado em 2014. Satisfeito com os resultados obtidos até agora, Erivaldo afirma que o sucesso da criação deve-se à simplicidade: “Geralmente, as pessoas associam a automação a projetos sofisticados e caros. O Ker vai contra essa corrente e se mostra extremamente eficiente naquilo a que se propõe”, finaliza. ●

*Ker será instalado nas redes de distribuição rurais e também irá beneficiar outras concessionárias de energia elétrica no país*



13-13  
17

19:43

19:43

19:43

09:19

09:07

14-02-13 19:46

14-02-13 19:48

14-02-13 19:48 A

14-02-13 19:49 M

14-02-13 19:49 No

14-02-13 19:51 SJ

14-02-13 19:53 IRA

14-02-13 19:53 Nor

14-02-13 09:19 ALA

14-02-13 09:07 LIG

14-02-13 19:54 CFP

14-02-13 19:55 NNE

14-02-13 19:55

15 LIGADO : 07-Condicionador de Amb  
19 ALARME : 18-Multiplex Sincronism

3 Normal : 05-Luz de Balizamento/Man

IRA 18 ↓ IPORANGA

ALARME : 05-Luz de Balizamento/Man  
ALARME : 4-não consta na lista  
LIGADO : 07-Condicionador de Ambie

SFE 72 ↓ SÃO FELIPE

MCD 62 ↓ MONTES CLAROS 2

ALARME : 05-Luz de Balizamento/Man

MCD 62 ↓ MONTES CLAROS 2

ormal : 05-Luz de Balizamento/Manu

P 71 ↓ SÃO JOÃO DA PONTE

## OTIMIZAÇÃO DE ATIVOS E PROCESSOS

normal : 05-Luz de Balizamento/Manu  
RME : 4-não consta na lista  
ADO : 07-Condicionador de Ambient

55 ↓ EFAP - SETE LAGOAS

04 ↓ NENE

# OTIMIZAÇÃO DE ATIVOS E PROCESSOS

## UMA OPÇÃO AINDA MELHOR

*Projeto desenvolvido pela Taesa confere otimização de processo de descontaminação de óleo isolante em reatores e transformadores*

Nos sistemas de transmissão de energia elétrica, reatores e transformadores são responsáveis por controle e conversões de tensão, respectivamente. Cada equipamento possui em seu interior pelo menos uma bobina, composta por condutor de cobre envolvido por papel isolante, que fica imersa em um tanque de óleo isolante e recebe, durante o processo fabril, aditivos responsáveis pelo aumento da estabilidade de oxidação do óleo. O funcionamento correto de todos esses elementos garante que não aconteçam falhas elétricas nos equipamentos e uma transmissão de energia sem interrupções.

Caso um dos componentes dos reatores e transformadores passe por falha de projeto e/ou de fabricação, os equipamentos podem apresentar falhas. Foi o que aconteceu no Brasil, no início dos anos 2000, quando falhas em reatores, causadas por enxofre corrosivo presente no óleo isolante, afetaram a confiabilidade do sistema elétrico. Estudos para investigação das causas das falhas apontaram a presença de Dibenzil Dissulfeto (DBDS), um tipo de aditivo com finalidade de elevar a estabilidade à oxidação no óleo isolante de reatores e transformadores. O DBDS

no óleo, com sua característica corrosiva, atua diretamente no cobre das bobinas mergulhadas no óleo, produzindo sulfeto de cobre, que migra do cobre para o papel, diminuindo sua capacidade isolante. Com isso, curto-circuitos entre espiras da bobina dos transformadores e reatores ocorreram com frequência acima do esperado, fazendo com que eles falhassem e pudessem provocar complicações maiores nos sistemas de transmissão.

A utilização do DBDS como aditivo do óleo isolante pelo fabricante era, até então, mundialmente desconhecido. A sua ligação com o fenômeno do enxofre corrosivo motivou a busca por soluções que mitigassem o problema, devido ao grande volume de óleo isolante e ao número de equipamentos envolvidos. No Brasil, por exemplo, cerca de 20 milhões de litros de óleo isolante continham o agente corrosivo, distribuídos em 718 equipamentos com diversos níveis de tensão, em empresas de transmissão e distribuição de energia elétrica. Desse total, 409 equipamentos fazem parte da Rede Básica, sistema constituído por todas as subestações e linhas de transmissão do país, com tensão igual ou superior a 230 kV.

# OTIMIZAÇÃO DE ATIVOS E PROCESSOS

*Sistemas de transmissão ficaram mais estáveis com a nova tecnologia adotada pela Taesa*

# OTIMIZAÇÃO DE ATIVOS E PROCESSOS

Diante dessa situação crítica, a Transmissora Aliança de Energia Elétrica S.A. (Taesa), concessionária de transmissão de energia elétrica, subsidiária do Grupo Cemig, passou a utilizar a técnica de remoção do DBDS do óleo isolante, conhecida como despolarização seletiva, que permite que os serviços sejam realizados em campo, em circuito fechado e contínuo, sem a necessidade de esvaziamento do tanque de óleo dos equipamentos.

## FUNCIONAMENTO

De acordo com o coordenador da área de subestações da Engenharia de Operação e Manutenção da TAESA, Paulo Cyriaco, uma

forma de entender como ocorre o processo de despolarização seletiva é compará-la ao processo de filtragem utilizado em diversos campos da engenharia para retirada de determinados elementos constantes em um fluido. No caso dos reatores e transformadores, o que acontece é que o óleo é regenerado por processos químicos e passa também por eliminação de gases. “Por fim, ainda acrescentamos um novo aditivo para que o processo seja finalizado”, diz Paulo. Ele se refere ao aditivo DBPC, que não tem propriedades corrosivas e é colocado no óleo após a retirada do DBDS, para garantir a estabilidade de oxidação.

Durante a realização da pesquisa, os dados foram coletados em sete

## OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO

Na busca por maneiras mais efetivas de realizar o processo, uma equipe de funcionários da Taesa desenvolveu um projeto que foi financiado com recursos do Programa de P&D da Aneel. A pesquisa intitulada “Aplicação do Processo de Despolarização Seletiva para Eliminação do Dibenzil Dissulfeto (DBDS) presente em Óleos de Reatores e Transformadores” teve o objetivo de estudar e propor melhorias para a prática da despolarização seletiva voltada para um grande número de equipamentos pertencentes a um sistema de alta tensão, além de garantir ganhos técnicos e econômicos.

“Buscamos a otimização de um método que já era utilizado no exterior e encontramos uma melhor forma de realizá-lo. Hoje, utilizamos exclusivamente a técnica descrita na pesquisa”, explica Paulo. A pesquisa foi iniciada em 2009 e durou três anos.

Um dos diferenciais deste projeto consiste no fato de ele ter sido inteiramente realizado dentro da empresa, com os funcionários que conheciam de perto as necessidades de melhoria. A equipe contou com a participação de um membro da Universidade de Roma, o professor Massimo Pompili.

# OTIMIZAÇÃO DE ATIVOS E PROCESSOS



autotransformadores monofásicos e um reator de alta tensão, todos com nível de tensão de 500 kV e com óleo contaminado.

O fato de a despolarização seletiva poder ser realizada em campo, com os equipamentos energizados, tem grande importância na escolha do método, já que minimiza a indisponibilidade dos ativos de transmissão.

Os resultados da pesquisa se mostraram satisfatórios, e hoje o processo é

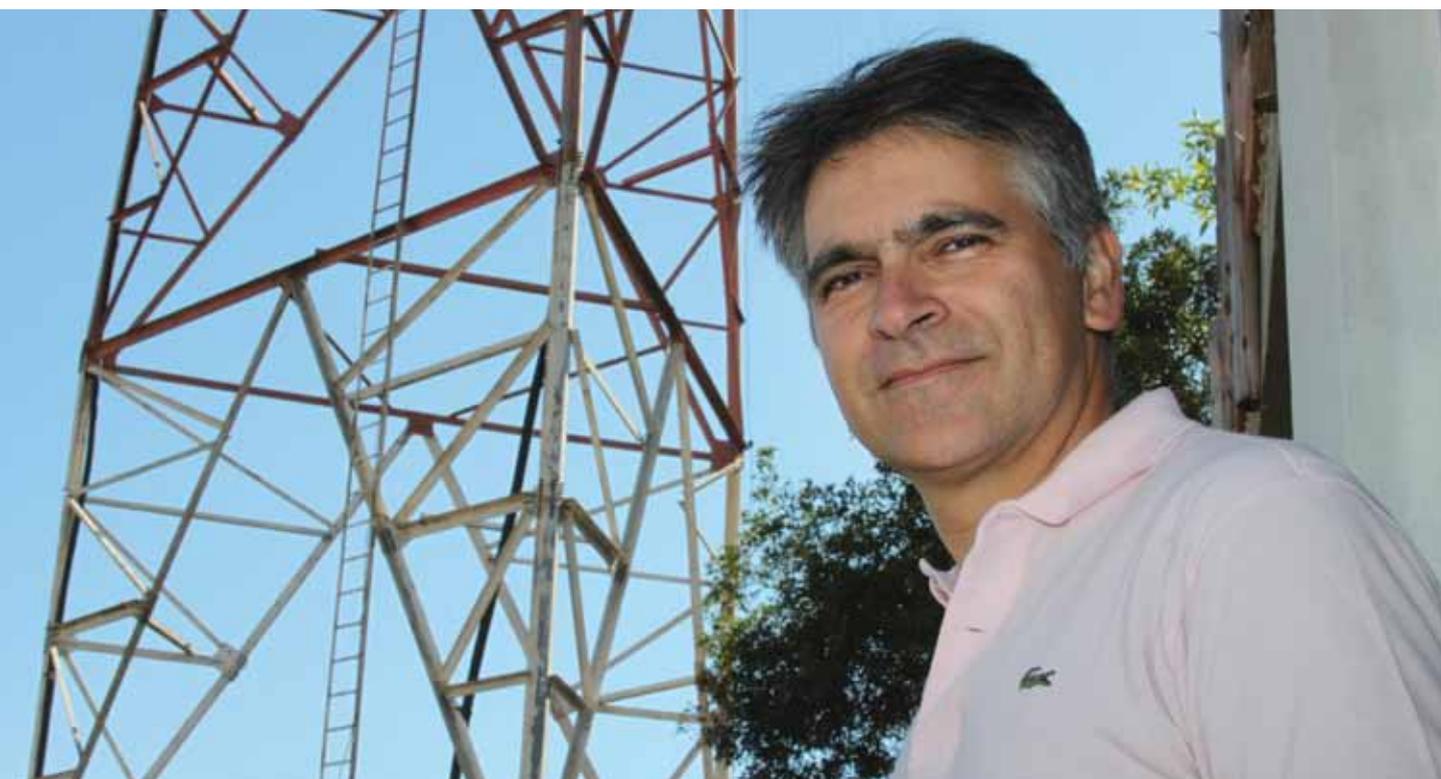
amplamente utilizado pela TAESA. “Podemos falar em economia de reagentes, de recursos financeiros, otimização de tempo e logística”, afirma Paulo.

Para se ter ideia, levando-se em consideração que a empresa precisava tratar aproximadamente 2 mil toneladas de óleo contaminado com DBDS, o uso do método otimizado trará economia de R\$ 3,5 milhões, quando comparado à técnica original de despolarização seletiva. Missão cumprida! ●

*Taesá passou a utilizar a técnica de remoção do DBDS do óleo isolante, conhecida como despolarização seletiva, evitando falhas no sistema de transmissão*

## BONS VENTOS PARA AS LINHAS AÉREAS DE TRANSMISSÃO

*Utilização de novo sistema pode gerar ganho de até 30% na capacidade das linhas aéreas de transmissão*



*Carlos Alexandre desenvolveu tese de doutorado sobre sistema que gera para a Cemig ganho de até 30% na capacidade das linhas de transmissão*

Os ventos têm enorme importância para as **linhas aéreas de transmissão de energia elétrica**. Eles são os responsáveis por esfriar os cabos, evitando a sobrecarga térmica dos fios nas linhas aéreas de transmissão, que operam em alta tensão. Antes do desenvolvimento do SCamp — sistema de cálculo da capacidade de condução da corrente (ampacidade) das linhas aéreas de transmissão —, a Cemig utilizava valores tabelados para o carregamento elétrico das linhas para estipular a carga máxima para cada uma delas. Fruto da tese de doutorado desenvolvida em 2009 pelo doutor em engenharia elétrica, Carlos Alexandre Meireles do Nascimento,

*O sistema de alta tensão da distribuição é aquele que transporta grandes blocos de energia. Essa rede opera em tensões até 138 kV. A Cemig-D é responsável por operar mais 20 mil km de linhas aéreas de 138 kV em todo o estado de Minas Gerais.*

o sistema, aplicado em conjunto com a metodologia AmpCLA, pode gerar para a Cemig um ganho de até 30% na capacidade de suas linhas aéreas de transmissão quando as condições climatológicas são favoráveis ao resfriamento dos cabos.

Entende-se por ampacidade a capacidade máxima de corrente elétrica nos condutores. Conforme a corrente aumenta, a temperatura eleva-se e os condutores se dilatam, provocando diminuição da distância do condutor até o solo. Essa distância deve dar conta de evitar falhas entre os cabos e o solo ou outros elementos, como árvores, animais e pessoas. O aumento da temperatura nos condutores eleva também a sua resistência elétrica e pode acelerar seu envelhecimento.

## PASSOS PARA A CRIAÇÃO DA METODOLOGIA AMPCLA

Os primeiros testes, realizados entre 2005 e 2009, ocorreram em Acuruí (MG). Para se chegar ao produto final, foi necessário criar uma metodologia dividida em quatro etapas. A primeira contou com investigação, experimental e numérica, da influência da regionalização da amplitude da velocidade do vento na região considerada. O próximo passo foi desenvolver um novo método de cálculo da ampacidade (AmpCLA), que leva em conta a influência da variação da amplitude da velocidade do vento ao longo de todos os vãos da linha aérea. De posse dessa metodologia, foi necessário desenvolver uma ferramenta computacional para suportar a metodologia AmpCLA para, logo depois, validar a nova metodologia por meio da comparação de resultados obtidos com dados monitorados em tempo real de uma linha aérea em operação na região de Acuruí.

“A conclusão da comparação desses resultados comprova, numérica e experimentalmente, a necessidade de se considerar a amplitude da velocidade do vento em todos os vãos da linha aérea, para gerar conjuntamente um valor de ampacidade de forma mais precisa e segura, em comparação aos métodos tradicionais”, conclui o gerente do projeto.

Por isso, a maximização da capacidade de transmissão de energia dos condutores é uma área de estudo importante e de grande interesse econômico para as empresas concessionárias do setor elétrico.

A metodologia AmpCLA, ao considerar a atuação dos ventos em pontos determinados das linhas aéreas, leva em consideração a influência da camada limite da atmosfera. “A partir do momento que é possível mensurar a velocidade dos ventos, passo a saber qual a capacidade de cada linha de transmissão. Isso porque os cabos não podem ultrapassar uma certa temperatura sob o risco de causar acidentes e até danificar permanentemente toda a rede, sobrecarregando-a”, explica o engenheiro.

Graças a essa nova metodologia de simulação dos ventos, é possível otimizar o sistema com a possibilidade de explorar melhor os momentos que os ventos são favoráveis ao resfriamento dos condutores, sem a necessidade de se fazer uso de valores médios tabelados. Uma vez que não se conhece as áreas mais críticas da velocidade dos ventos, aplica-se o valor conservativo (indicador que oferece baixa probabilidade de

acidentes ao longo de todo o dia de operação da Linha Aérea), que varia de região para região. Para Minas Gerais, o valor aplicado é de 30°C com 1 m/s para a velocidade do vento.

A possibilidade de identificar e monitorar os locais climatológicos que geram maior aumento de temperatura do condutor permite que a equipe operacional da Cemig possa agir para diminuir a necessidade de medidas corretivas que geram custos e deslocamento por parte da equipe. “Uma sobrecarga longa na rede pode até romper os condutores, interrompendo a transmissão de energia. Em áreas de grande circulação de pessoas, isso pode causar acidentes”, afirma Carlos Alexandre.

Por outro lado, o sistema SCamp facilita estabelecer as condições climatológicas para que a Cemig possa despachar maior quantidade de carga utilizando o mesmo condutor, ou seja, se há a observância de que uma determinada região possui ventos favoráveis capazes de suportar maior carga, esse fator não é descartado e pode ser bem aproveitado em sua máxima capacidade pelas equipes de operação do sistema. ●

## PROJETO MIRA EFICIÊNCIA E CONTROLE DE CUSTOS NA DISTRIBUIÇÃO

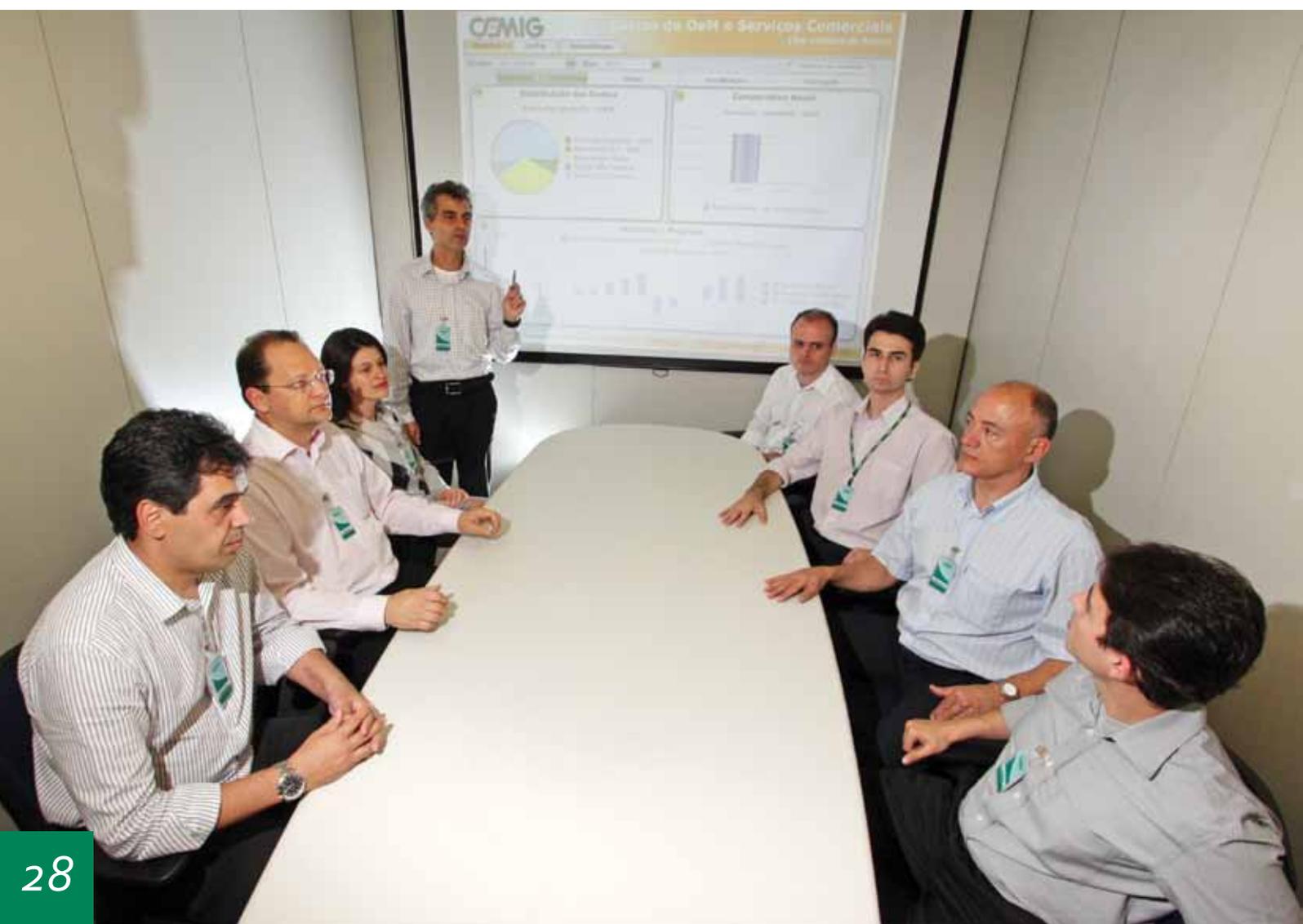
*Com foco na redução dos riscos associados à revisão tarifária da Aneel, iniciativa garante atendimento de qualidade e tarifa justa*

*Equipe da Gerência de Coordenação Técnica da Distribuição criou metodologia e sistema computacional que auxiliam na tomada de decisões nos processos operacionais de distribuição*

A Cemig conta com nova ferramenta para identificar os pontos de seu processo produtivo que podem ser melhorados, com o objetivo de identificar custos de Operação e Manutenção (O&M), buscando otimizar sua eficiência. A novidade veio com a conclusão, em 2012, do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) que cria metodologia e sistema computacional que dão suporte às tomadas de decisões nos processos

operacionais de distribuição, com enfoque na redução dos riscos associados à revisão tarifária da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Dessa forma, o projeto está alinhado à estratégia da companhia de proporcionar um atendimento de qualidade a seus clientes, com tarifa justa.

Para o gerente do projeto, Eugênio Amaral Arantes, da Gerência de Coordenação



# OTIMIZAÇÃO DE ATIVOS E PROCESSOS

Técnica da Distribuição, a regulação da Aneel estimula a melhoria dos serviços prestados pelas concessionárias de distribuição de energia e sua correspondente modicidade tarifária. “É necessário que isso ocorra de forma a conciliar os interesses do consumidor com a qualidade e o preço dos serviços, bem como das concessionárias, que devem obter o justo retorno do capital investido”, afirma.

Ainda de acordo com Eugênio, um dos grandes ganhos advindos do projeto foi a ampliação do conhecimento sobre os custos da Cemig-D. As análises mostraram que 98% dos custos de operação e manutenção são compostos por apenas por 43 atividades, em um

universo de 180 que foram levadas em consideração. “Com isso, fizemos uma comparação para melhorar o processo de execução de cada uma delas, de forma que as melhores práticas em termos de custo, qualidade e eficiência sejam identificadas, onde quer que elas estejam, e estendidas para toda a Cemig”, explica.

Segundo ele, o projeto organiza essas questões de forma a garantir aos gestores uma tomada de decisão em bases confiáveis e com uma visão detalhada da eficiência. O projeto foi executado em parceria com o Centro de Pesquisas e Desenvolvimento em Telecomunicações (CPqD), sob a coordenação de Gláucio José de Farias Fonseca. ●

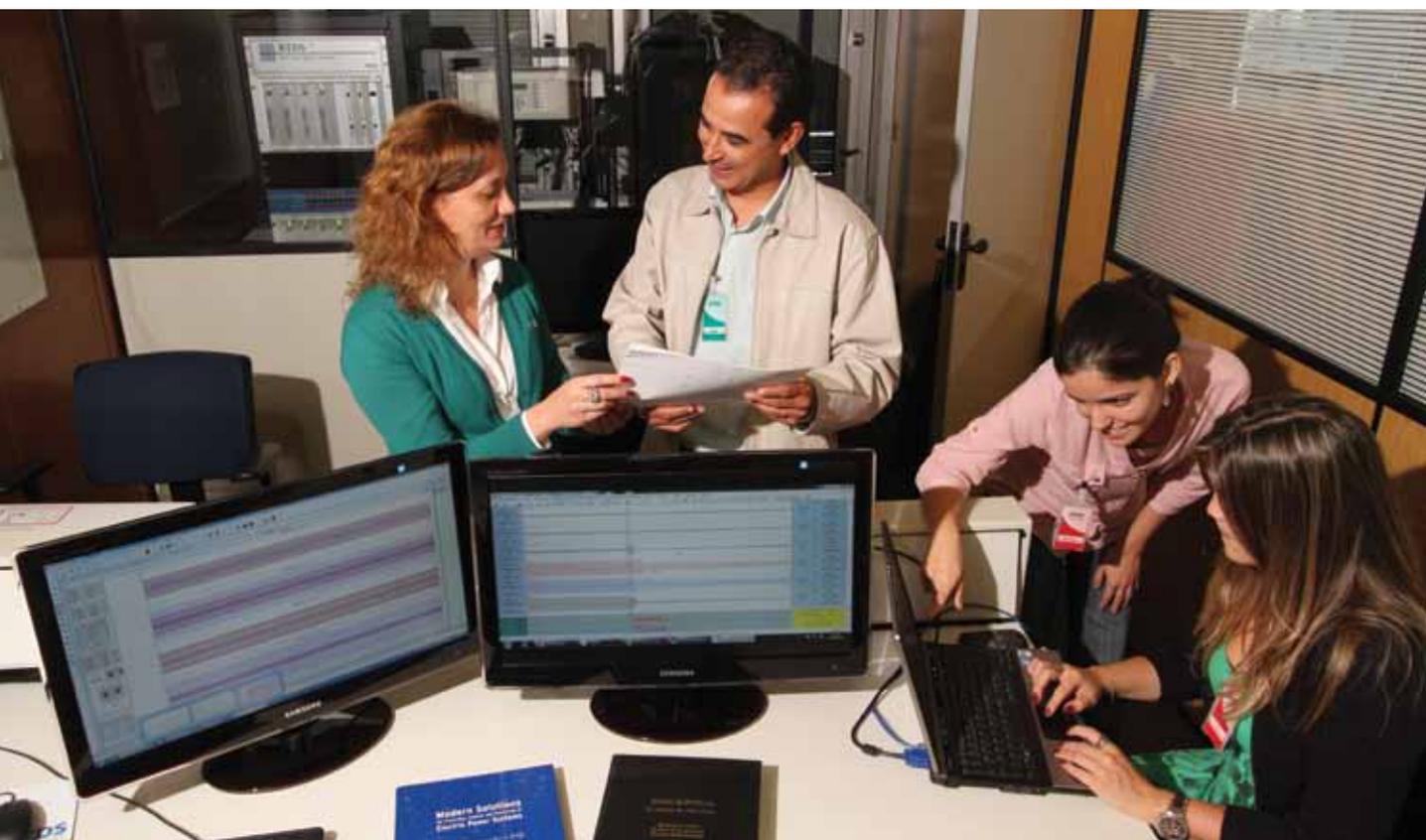
## NA PRÁTICA

Para colocar a ideia em prática, a equipe do projeto utilizou uma metodologia de alocação de custos ABC e, posteriormente, aplicou um *benchmarking* interno para comparar o desempenho das diferentes sub-regiões da Distribuição (Cemig-D). Dessa forma, foi possível identificar as diferenças de eficiência existentes entre essas sub-regiões e os fatores que as influenciam. Os resultados dessas análises foram disponibilizados em um ambiente analítico de *Business Intelligence* (BI) para direcionar ações gerenciais que possam contribuir para o ganho de eficiência dos processos de O&M, podendo ser estendido para as demais atividades. A melhoria de eficiência poderá ser revertida aos consumidores em forma de maior qualidade nos serviços prestados e tarifa justa.

Nos 1º e 2º ciclos de revisão tarifária (2003/2006 e 2007/2010), a metodologia empregada para a determinação dos custos operacionais das concessionárias era a da Empresa de Referência (ER). Nesse antigo sistema, a Cemig comparava seus custos de distribuição de energia com os de uma empresa hipotética definida pela Aneel. Com a mudança de metodologia para o 3º ciclo, agora baseada no *benchmarking*, a Cemig aderiu a esse novo formato como estratégia de avaliação de custos e incremento da produtividade.

## CEMIG INVESTE NA PROTEÇÃO DAS LINHAS DE TRANSMISSÃO

*Medida evita desligamentos indevidos e traz mais comodidade aos clientes*



*Cemig GT, em parceria com a UFMG, adquiriu simulador e elaborou nova metodologia para busca das condições ideais desses equipamentos de proteção no SEP*

Desde 2010, a Cemig GT tem concentrado esforços para melhorias na realização de ensaios nos sistemas de proteção das linhas de transmissão de energia, com o objetivo de evitar desligamentos indevidos que geram penalidades para a concessionária e transtornos para os clientes. Como parte desses investimentos, a empresa adquiriu o Real Time Digital Simulator (RTDS), equipamento importado do Canadá que realiza os ensaios, em tempo real, nos sistemas de proteção das linhas (relés).

Esses relés detectam automaticamente distúrbios no sistema de transmissão de energia, como curtos-circuitos e oscilações, geralmente provocados por descargas

atmosféricas, queimadas, árvores etc. Diante desses distúrbios, o sistema de proteção deve desligar automaticamente a linha de transmissão, visando à segurança das pessoas, manutenção da integridade dos equipamentos, e também para evitar que o problema se alastre, prejudicando consumidores. Quando o problema é sanado, ele deve restabelecer o sistema de transmissão, também de forma automática.

Frente ao desafio de manter esse sistema sempre em funcionamento e com o menor número possível de falhas, a Cemig GT desenvolveu um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) em parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais

## O LONGO CAMINHO DA ENERGIA

Weber chama atenção também para o modelo predominantemente hidráulico de geração de energia elétrica no Brasil. Essa característica força a construção de usinas longe das grandes cidades: “Com isso, a energia gerada nas usinas precisa percorrer um longo caminho até chegar aos centros de carga, onde a tensão de transmissão da energia é, então, reduzida aos níveis adequados de distribuição para os consumidores”.

A energia gerada no Triângulo Mineiro, por exemplo, percorre até Belo Horizonte uma distância aproximada de 600 km, em extra-alta tensão, para evitar perdas. Diante disso, o projeto tem o desafio de proteger esse complexo sistema de transmissão, evitando ou minimizando os efeitos das interrupções de fornecimento que tanto prejudicam os consumidores, sobretudo os industriais, para quem segundos de interrupção resultam em grandes perdas produtivas e financeiras. Além disso, visa cumprir as metas de qualidade impostas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

(UFMG), que envolveu a aquisição do RTDS e a elaboração de uma metodologia para busca das condições ideais de aplicação desses equipamentos de proteção no sistema elétrico de potência (SEP).

Nesse sentido, o RTDS elabora uma simulação digital de distúrbios do SEP, submetendo-a em tempo real ao sistema de proteção, a fim de avaliar o desempenho dos relés diante desses fenômenos. Dessa forma, a Cemig consegue antecipar os problemas que possam ocorrer nos relés durante seu funcionamento em campo. Esse trabalho preventivo tem avançado a passos largos, conforme comenta o gerente do projeto, o engenheiro da Gerência de Planejamento Elétrico, Weber Melo de Sousa. Segundo ele, uma parceria entre empresa e universidade resultou no desenvolvimento de uma plataforma que elabora o caso base para as simulações, e ainda analisa os resultados obtidos, ambos de forma automática.

A importância dessa plataforma é vital, porque ela representa grande economia de tempo e

dinheiro para a Cemig GT. Isso porque, antes, esse tipo de ensaio era realizado nos laboratórios e simuladores dos próprios fabricantes dos sistemas de proteção. “Então, por exemplo, se o fabricante era da Inglaterra, a Cemig GT enviava uma equipe multidisciplinar até aquele país para acompanhar os testes e avaliar os resultados. Nesse processo, apenas a montagem do caso base de simulação demora cerca de dez dias úteis”, explica.

Com a plataforma desenvolvida no projeto de P&D, o tempo gasto para essas simulações caiu para apenas uma hora, obtendo resultados mais precisos da simulação e redução bastante significativa do custo de elaboração, conforme constatado em teste realizado em 2012. “A parceria com a UFMG foi fundamental, porque aliamos o conhecimento acadêmico à nossa experiência, e assim conseguimos chegar a esse resultado”, afirma Weber. A Gerência de Planejamento e Engenharia de Manutenção da Transmissão também atuou como parceira interna no projeto. A meta da Cemig GT agora é aplicar o mesmo projeto nos sistemas de proteção de geração de energia. ●



A close-up photograph of a petri dish containing several small green seedlings. The seedlings are at various stages of growth, with some showing dark brown, charred-looking tops. The background is a soft, out-of-focus green. A solid green horizontal bar is overlaid across the middle of the image, containing white text.

**GERAÇÃO E MEIO AMBIENTE**

## PREVISÃO DE VAZÕES NA BACIA DE TRÊS MARIAS ANTECIPA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

*Sistema integra a telemetria a modelos hidrológicos e de previsão climática*

O maior desafio na operação de reservatórios de usinas hidrelétricas durante uma estação chuvosa é prever a vazão que será produzida em suas bacias hidrográficas em um cenário de curto prazo. Isso decorre tanto da incerteza da previsão quantitativa da chuva que incidirá sobre a bacia quanto das dificuldades operacionais relacionadas à aquisição e sistematização de dados que esse processo demanda. Para minimizar esse

problema, entre 2010 e 2012, a Cemig GT e a Rhama Consultoria Ambiental desenvolveram um sistema de previsão de vazões com base na integração de sistema de telemetria a modelos hidrológicos e de previsão climática. O projeto-piloto foi concebido para a bacia do rio São Francisco, desde sua nascente até a cidade de Pirapora (MG), onde as vazões são fortemente regularizadas pela operação do reservatório da usina de Três Marias.



# GERAÇÃO E MEIO AMBIENTE

## DADOS SOBRE A USINA TRÊS MARIAS

- Potência instalada: 396 MW.
- Área de drenagem da bacia hidrográfica: 50.560 km<sup>2</sup>.
- Vazão média em Três Marias: 692 m<sup>3</sup>/s.
- Volume do reservatório: 19.528 hm<sup>3</sup>.
- Área do reservatório: 1.062 km<sup>2</sup>.
- Distância entre Três Marias e Pirapora: 130 km.
- Área de drenagem da bacia hidrográfica em Pirapora: 62.100 km<sup>2</sup>.

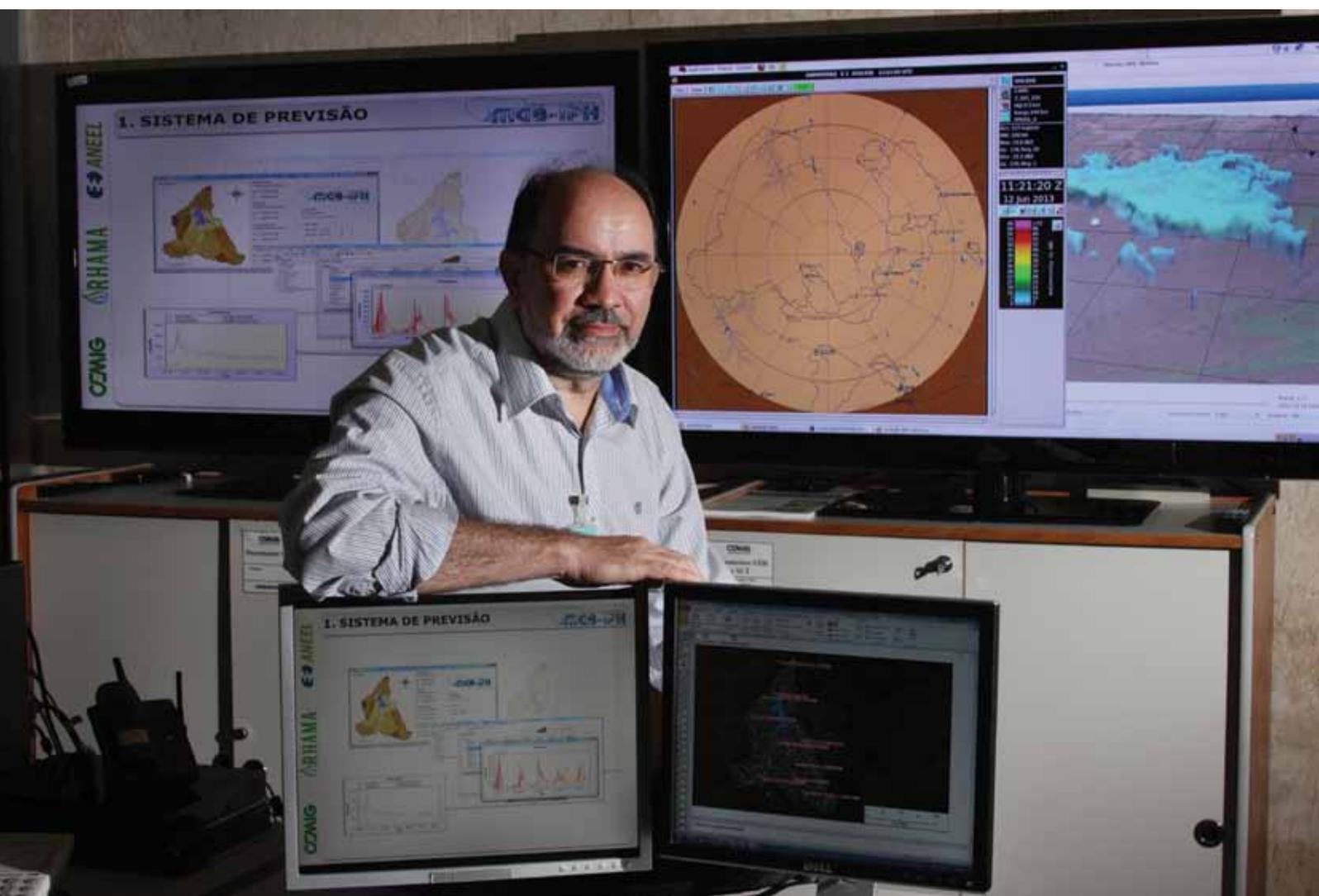
*Usina Três Marias possui área de drenagem de mais de 50 mil km<sup>2</sup>*

# GERAÇÃO E MEIO AMBIENTE

A previsão de vazão em um sistema hídrico consiste na estimativa do escoamento em um curso d'água com antecedência no tempo, ou seja, é a busca do conhecimento antecipado do volume de água que passará em uma determinada seção de um rio, em um determinado período de tempo. Esse tipo de previsão, já utilizado pela Cemig, é uma das técnicas empregadas para otimizar o uso da água na geração de energia, bem como para minimizar os impactos de inundações associadas à ocorrência de cheias em cidades e vales situados abaixo de usinas hidrelétricas.

*Luiz César gerenciou o projeto que desenvolveu o sistema de previsão de vazões*

Prever vazões de cheias significa antecipar a solução de problemas por meio de emissão de alertas e adoção de medidas capazes de evacuar uma área habitada, por exemplo, antes da ocorrência da enchente. "Este recurso auxiliará a tomada de decisão pelo operador do reservatório da Usina Hidrelétrica de Três Marias, no controle de cheias no vale do rio São Francisco a jusante de Três Marias até o município de Pirapora, trazendo grandes benefícios para as comunidades ribeirinhas", explica o engenheiro hidrólogo e gerente do projeto, Luiz César Mendes Botelho.



## O SISTEMA DESENVOLVIDO

Nessa metodologia, a bacia hidrográfica é subdividida em unidades de resposta hidrológica, as “minibacias”, totalizando 227, no caso da bacia de Pirapora. Em cada uma delas é feito o balanço hídrico, por meio do modelo de simulação hidrológica previamente calibrado e que tem como dados de entrada a chuva e a vazão observadas na rede telemétrica, além das previsões quantitativas de precipitação. Com esse detalhamento é possível obter resultados de previsão de vazão para cada uma das minibacias, conferindo mais precisão ao resultado global previsto para a bacia como um todo.

O sistema desenvolvido reúne várias ferramentas capazes de assimilar e visualizar os dados de forma gráfica, facilitando a análise do grande volume de informações que é utilizado no processamento das previsões, em um horizonte de até dez dias. Todas essas funcionalidades estão acopladas a um sistema de informações geográficas que possibilita ao usuário interagir com o sistema de previsão por meio de uma interface constituída de mapa georreferenciado da bacia hidrográfica, onde é possível identificar os postos de monitoramento hidrometeorológico, as minibacias, o sistema fluvial, as cidades e pontos de interesse onde se deseja realizar as previsões de vazão.

A inovação desse projeto de pesquisa está na automatização da assimilação dos dados de precipitação e vazão da rede telemétrica em tempo real, e nos resultados de previsões de modelos meteorológicos que alimentam um modelo matemático, simulando a transformação de chuva em vazão em uma bacia hidrográfica. Segundo Botelho, “ao integrar o Sistema de Telemetria Hidrometeorológico da Cemig ao modelo de previsão climática do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), e usando o modelo de simulação hidrológica (MGB-IPH), o sistema busca aperfeiçoar e automatizar o processo de previsão de vazões em bacias hidrográficas de usinas hidrelétricas, possibilitando otimizar a operação hidráulica de seus reservatórios e, principalmente, alertar as comunidades ribeirinhas quanto ao risco da ocorrência de cheias. Outro benefício desse projeto é o aumento da eficiência operacional, proporcionando mais tempo para análise

dos resultados obtidos e para tomada de decisões estratégicas.”

Em avaliação desde outubro passado, incluindo a última estação chuvosa, o sistema tem apresentado bom desempenho, indicando resultados melhores e mais confiáveis para os três primeiros dias – questão facilmente contornada, já que a medição pode ser refeita após esse período. Das variáveis consideradas, a que mais gera incerteza no processo de previsão da vazão é a chuva prevista, que é fornecida pelo modelo meteorológico. “Visando melhorar o desempenho do sistema de previsão desenvolvido, pretende-se dar continuidade a esse projeto avaliando a utilização de mais fontes de informação, como chuva observada por satélite ou radar e o uso de previsões meteorológicas por conjunto, obtidas por diferentes modelos meteorológicos, no sentido de reduzir as incertezas do processo de modelagem meteorológica na previsão hidrológica”, conclui o engenheiro Luiz César. ●

## IMPACTOS AMBIENTAIS EM UMA HIDRELÉTRICA

*Procedimento de descarga de fundo na Pequena Central Hidrelétrica de Paciência é objeto de estudo de P&D*

*Hélen e Marcela participaram das pesquisas para diminuir os impactos ambientais em uma hidrelétrica*



Para que uma hidrelétrica seja construída, é necessário que se faça um barramento no rio para a construção do reservatório para armazenamento nas usinas a fio d'água. Com isso, os sedimentos da bacia têm seu caminho natural, rumo ao oceano, interrompido em função da barragem, o que ocasiona o assoreamento, o acúmulo de areia ou terra no fundo. Esse assoreamento promove modificações na morfologia dos cursos d'água e impactos na fauna e flora aquáticas.

No contexto de uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH), que tem dimensões menores, os efeitos do assoreamento são mais perceptíveis e causam perda de volume de geração de energia rapidamente. Isso tudo leva a intervenções mais frequentes, como acontece na PCH de Paciência, em Matias Barbosa. Anualmente, a geração de energia é suspensa para que procedimentos, como a descarga de fundo, sejam realizados.

A descarga de fundo consiste na abertura das comportas de fundo, fazendo com que os sedimentos sigam o curso normal do rio, o que diminui sensivelmente o teor de sedimentos finos no fundo, a montante da barragem.

Devido ao impacto dessa atividade na PCH de Paciência (veja *box* na próxima página), foi iniciado em 2010 o projeto "Avaliação ambiental do Rio Paraibuna a jusante do reservatório da PCH de Paciência, após as descargas de fundo", desenvolvido por meio do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento da Cemig, em parceria com o Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) e o Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC).

A proposta da pesquisa surgiu como forma de atender à Resolução nº 344 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), que estabelece diretrizes gerais e procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas pertencentes ao território brasileiro, que compreende, por exemplo, as águas dos rios e de suas desembocaduras.

"Pelo menos duas vezes por ano é realizada uma descarga de fundo na PCH de Paciência, para liberar o sedimento acumulado, que pode inviabilizar o funcionamento da hidrelétrica ou até mesmo causar o rompimento da barragem. A pesquisa veio investigar o que acontece com a qualidade da água e como o processo impacta

## METODOLOGIA

A investigação, portanto, consistiu na execução de estudos hidrossedimentológicos, hidrobiológicos e físico-químicos realizados no rio Paraibuna, onde a PCH de Paciência está instalada. A caracterização granulométrica e química dos sedimentos de fundo foi realizada antes e após a descarga de fundo. Esse procedimento, que retira os sedimentos acumulados, consiste na parada total da usina para a drenagem da água do reservatório pela comporta de fundo até que não tenha mais efeito de arraste desses materiais.

"Trata-se de uma região que tem grande influência industrial, o que afeta a qualidade da água, que também foi avaliada. Além disso, foram medidos os sedimentos e, ainda, a presença de macroinvertebrados e a relação deles com o processo de descarga de fundo", afirma Hélen. Os macroinvertebrados fazem parte da fauna aquática, caracterizados como larvas de insetos aquáticos que têm grande parte de seu desenvolvimento na água.

Para verificar a mobilidade do sedimento no curso d'água foi utilizado o traçador tecnécio, elemento químico que permite a visualização dos sedimentos. A pesquisa também verificou os teores de metais pesados no sedimento. Já os aspectos hidrobiológicos foram investigados por meio da observação da comunidade aquática de organismos zoobentônicos, que não possuem capacidade plena de natação.

os aspectos biológicos locais”, explica a analista de Meio Ambiente da Cemig, Hélen Regina Mota, uma das pesquisadoras do projeto.

## RESULTADOS

Durante os dois anos em que a pesquisa foi realizada, aproximadamente 27 mil toneladas de material fino e areia foram despejadas a jusante do reservatório durante a descarga de fundo. Desse total, 6,4 mil toneladas correspondiam a sedimento fino, o que mostra a existência de um alto grau de assoreamento da bacia hidrográfica do rio Paraibuna.

A pesquisa analisou também o teor de metais pesados existentes no sedimento de fundo. Os elementos Cádmio, Cromo e Zinco apresentaram alta concentração nos sedimentos de fundo, a montante e a jusante da barragem, porém sem

alteração substancial após a descarga de fundo, cuja influência ficou descartada na distribuição espacial do grau de poluição de metais pesados no sedimento de fundo do rio Paraibuna.

Em relação à comunidade aquática, os resultados estatísticos obtidos com os dados de densidade dos macrozoobentos encontrados na rede de biomonitoramento indicaram redução significativa entre as médias de densidade dos organismos nas estações do rio Paraibuna localizadas a jusante da Usina de Paciência antes e depois das descargas de fundo. O fato reflete as condições de qualidade de água neste trecho do rio, sendo bastante pobre em variedade taxonômica e tendo densidades excessivas de poucos grupos taxonômicos muito resistentes que são característicos de ambientes aquáticos com altos teores de carga orgânica.

De maneira geral, os resultados apresentam grande contribuição no estabelecimento de uma metodologia básica de descargas de fundo de PCH, levando-se em consideração os aspectos físicos e biológicos do impacto do despejo. A pesquisa foi finalizada no mês de fevereiro de 2013.

## BENEFÍCIOS

Além de promover melhorias do processo interno e da qualidade do serviço prestado, com possibilidades de redução do impacto da atividade de descarga de fundo, um projeto dessa extensão envolve a participação de diversos atores e beneficia a sociedade de maneira geral. De acordo com a gerente do projeto, Marcela David de Carvalho, todos ganham com isso: “É importante para a empresa, porque busca o conhecimento na academia, de forma aplicada; é bom para a sociedade, já que a Cemig dá uma resposta a um procedimento que é visualmente agressivo e se mostra empenhada na busca de soluções e respostas; e beneficia os pesquisadores com recursos financeiros e com a divulgação dos dados”, analisa. ●

## **PCH DE PACIÊNCIA**

A Usina Hidrelétrica de Paciência iniciou sua operação em 1930 e está localizada no município mineiro de Matias Barbosa. Atualmente, a potência instalada é de 4,08 MW, proveniente de três unidades geradoras. A barragem tem 55 metros de comprimento e altura máxima de nove metros. O reservatório tem capacidade de 0,356 hm<sup>3</sup>, o equivalente a 356 milhões de litros.

Batimetria antes da  
descarga de fundo

## ENTENDA A PROPRIEDADE INTELECTUAL

Ana Paula dos Santos Lelis

Engenheira de Tecnologia e Normalização

No Brasil, as patentes e as marcas constituem a Propriedade Industrial. Junto às criações protegidas pelo direito autoral (programas de computador e obras intelectuais), compõem a Propriedade Intelectual.

Patente é a proteção jurídica dada pelo Estado sobre uma criação, por um período de tempo, com o compromisso de que, após esse prazo, a maneira de elaborar o invento seja totalmente disponibilizada para a sociedade, para benefício social e econômico de todos. Durante o período de privilégio, que pode ser de 15 ou 20 anos, somente o inventor pode fabricar, comercializar e licenciar aquilo que criou. Para que seja concedida a carta-patente sobre a invenção é preciso que a mesma seja considerada inédita (inovadora), tenha aplicação industrial (possa ser utilizada ou produzida em qualquer tipo de indústria) e não seja uma evolução óbvia de técnica já existente.

Marca é um símbolo visual associado aos produtos ou à imagem da empresa. Bem divulgadas, fortes, agradáveis e que lembrem imagens positivas, agregam valor aos produtos e à imagem da empresa no mercado. É necessário cuidar bem da divulgação das marcas e protegê-las contra uso indevido e sua associação com imagens e fatos inconvenientes. Existem marcas que valem bilhões de dólares, como Coca-Cola, Microsoft, Ford etc.

Programa de Computador é outro tipo de criação tecnológica. No Brasil, os programas de computador são objeto do Direito Autoral, que dispensa o registro para comprovação de autoria. Sua autoria é reconhecida a partir da data de sua publicação ou primeira utilização. No entanto, para facilitar eventuais decisões sobre direitos de autoria, é recomendável registrar essa autoria no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI).



### PROPRIEDADE INTELECTUAL NA CEMIG

Atualmente, a Cemig tem nove patentes de invenção concedidas. Existem outros 40 pedidos de privilégio protocolados no INPI da Cemig, e de parcerias com terceiros e um pedido de patente internacional via PCT, solicitados em Cingapura (já concedido), Estados Unidos e União Europeia. Os pedidos de patente são provenientes de projeto de pesquisa e desenvolvimento e de áreas técnicas da empresa.

A Cemig e as coligadas têm 39 marcas registradas. Foram registradas para uso em programas e produtos das empresas, conferindo-lhes identidade e diferenciando os produtos e processos de outros similares produzidos por terceiros.

Há 29 programas de computador registrados pela Cemig no INPI, em sua maioria relacionados com processos de operação e controle do sistema elétrico.

Quanto aos processos de licenciamento, existem dois contratos de licenciamento de empresas para industrializar e comercializar os produtos desenvolvidos assinados com empresas e outros quatro contratos em andamento.

### PROCEDIMENTOS INTERNOS

O Escritório de Marcas e Patentes da Cemig, estruturado na Gerência de Gestão Tecnológica, apoia a elaboração dos processos, centraliza ações de registro no INPI, acompanha a tramitação dos pedidos de privilégio, registro e comercialização da propriedade industrial da empresa. O endereço eletrônico na internet é [www.cemig.com.br](http://www.cemig.com.br) – Inovação, Escritório de Marcas e Patentes.

O registro das marcas deve ser analisado pela Superintendência de Comunicação

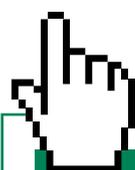
Empresarial, porque vincula a imagem da Cemig a produtos, eventos e serviços.

### BENEFÍCIOS

Os benefícios diretos da utilização da propriedade intelectual da empresa permitem o aperfeiçoamento tecnológico, a solução de problemas específicos e a comercialização dos inventos e programas de computador, bem como a divulgação e fortalecimento da marca.

O estímulo à criatividade, o reconhecimento do empenho pessoal dos inventores por meio de uma política de incentivo e premiação aos empregados, que são citados como inventores, são ferramentas importantes de incentivo para surgimento de novas ideias.

Por fim, ao registrar e disseminar a tecnologia desenvolvida, a propriedade intelectual tem também a função de associar criatividade à imagem da empresa. Com isso, destaca-se a sua capacidade de estímulo à inovação, ao crescimento pessoal e profissional e à excelência empresarial.



## PROJETOS DE P&D CEMIG/ANEEL

Confira a relação completa dos projetos de Pesquisa P&D desde o início do programa, em 1999, no [site](http://www.cemig.com.br)

[www.cemig.com.br](http://www.cemig.com.br) > Inovação > Pesquisa & Desenvolvimento

Veja também, no mesmo [site](http://www.cemig.com.br), as edições da Revista P&D de 2005 a 2012.



PARA A CEMIG, CRESCER  
É MUITO MAIS QUE  
MELHORAR OS NÚMEROS.  
É MELHORAR O MUNDO.

A Cemig sabe que o sucesso do seu negócio depende do seu comprometimento com a sociedade. É por isso que concede isenção de ICMS a 2,5 milhões de clientes; investe em programas de eficiência energética, como o Energia Inteligente, que já beneficiou mais de 370 mil famílias; e estimula a cultura e projetos educativos, como o Filme em Minas e o Cemig nas Escolas. Mais do que cumprir o seu papel social, a Cemig acredita em transformar o mundo em um lugar melhor do que ela encontrou.

**CEMIG**  
A Melhor Energia do Brasil

**GOVERNO  
DE MINAS**

ENERGIA INTELIGENTE

INCENTIVOS CULTURIS

TARIFA SOCIAL

PARA A CEMIG, CRESCER  
É MUITO MAIS QUE  
MELHORAR OS NÚMEROS.  
É MELHORAR O MUNDO.

A Cemig sabe que, para garantir a qualidade de seus serviços, tem que inovar sempre. Por isso, a Empresa investe em fontes de energia renováveis, como a energia eólica, a solar e a biomassa, e em projetos de novas tecnologias, como o Cidades do Futuro. Mais do que proteger o meio ambiente, a Cemig acredita em transformar o mundo em um lugar melhor do que ela encontrou.

**CEMIG**  
A Melhor Energia do Brasil.

**GOVERNO  
DE MINAS**

