

Capítulo I



Aspectos de sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica

Por Douglas A. A. Garcia e Francisco Elio Duzzi Jr.*

A estrutura de um sistema elétrico de potência compreende os sistemas de geração, transmissão, distribuição e suas subestações de energia elétrica (com transformadores, disjuntores e seccionadores das mais variadas tensões e correntes), em geral, cobrindo uma grande área geográfica. Neste fascículo que se inicia com este capítulo, o foco é abordar os vários aspectos do sistema de distribuição, compreendendo, entre outros assuntos, medição, qualidade de energia, subestações, geração distribuída, perdas técnicas e comerciais e Prodist.

O sistema atual de energia elétrica brasileiro é baseado em grandes usinas de geração que transmitem energia através de sistemas de transmissão de alta tensão, que, por sua vez, atingem os sistemas de distribuição de média e baixa tensão, onde estão os consumidores. Em geral, o fluxo de energia é unidirecional e a energia é despachada e controlada por centro(s) de operação com base em requisitos pré-definidos. A Figura 1 mostra uma estrutura básica de distribuição e suas ramificações.

Nos circuitos de transmissão e subtransmissão há redundância de redes elétricas por atenderem a um grande número de consumidores (cidades e regiões). Já nos circuitos de distribuição de média tensão (MT) e baixa tensão (BT), as concessionárias de energia elétrica procuram maior confiabilidade com menor custo (desejável em qualquer empreendimento), já que por vezes a densidade de carga (e/ou número de consumidores) é pequena para justificar grandes investimentos. No caso extremo temos as redes rurais, que usam a topologia menos onerosa que existe: um sistema radial aéreo normalmente sem nenhum tipo de recurso em caso de falha (o cliente aguarda a intervenção de reparo).

Normalmente os sistemas de distribuição são gerenciados por monopólios empresariais devido à impraticabilidade de se ter dois sistemas de distribuição em uma mesma área geográfica (mesma rua, por exemplo). Por isso, a importância de um órgão regulador para sistemas de operação com padrão de monopólio, que no caso do Brasil é a Agência

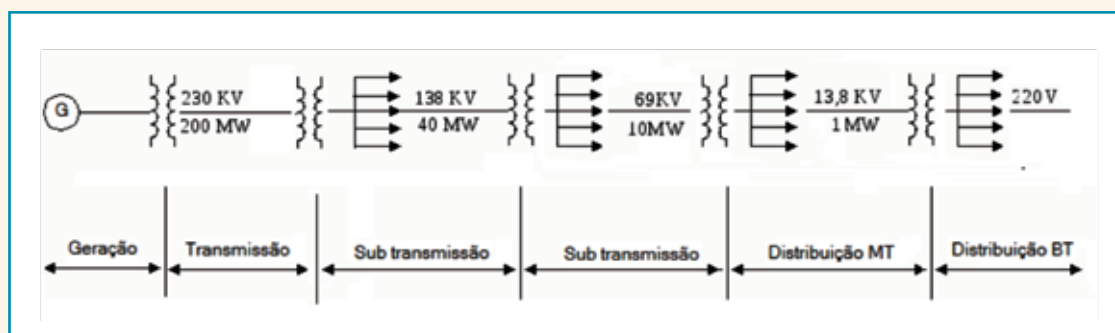


Figura 1 – Estrutura básica de um sistema elétrico, com exemplo de tensões e potências indicadas.

Nacional de Energia Elétrica (Aneel), que procura estabelecer condições regulatórias para que o mercado de energia elétrica – concessionárias e consumidores – se desenvolva com equilíbrio. Com o advento da possibilidade de os clientes adquirirem energia no mercado livre – Convenção de Comercialização de Energia Elétrica, instituída pela Resolução Normativa Aneel nº 109, de 26 de outubro de 2004 –, criou-se a possibilidade de negociação, o que permite a aquisição de energia de outra entidade (apesar de se manter parte da remuneração para a concessionária, que mantém a estrutura de distribuição da energia pelo uso da rede). Ver: Câmara de Comercialização de Energia Elétrica em <http://www.ccee.org.br>.

Já no setor de geração e no de transmissão, também regulado pela Aneel, existe certa competitividade em um sistema matricial de fornecimentos. Este sistema matricial está estruturado pelo Sistema Interligado Nacional (SIN), em que geradoras e transmissoras contribuem numa malha unificada. O sistema de geração de energia elétrica do Brasil é um sistema fortemente baseado em usinas hidrelétricas e com múltiplos agentes: estatais, privados, grandes e médias usinas hidrelétricas, pequenas centrais hidroelétricas (65,7% da geração elétrica no Brasil é de origem hídrica). O SIN é formado pelas empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte. Apenas 3,4% da capacidade de produção de eletricidade do país encontram-se fora do SIN, em pequenos sistemas isolados localizados principalmente na região amazônica. [fonte: ONS]

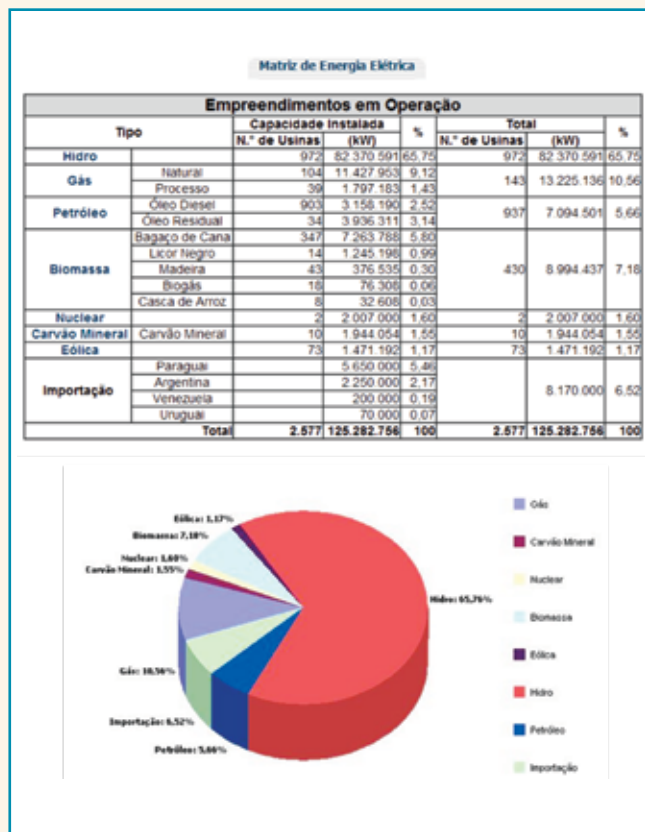


Figura 2 – Panorama da geração de energia elétrica no Brasil, dados de março/2012. [fonte: Aneel]

A Figura 3 ilustra os segmentos de redes de energia elétrica – geração, transmissão, subtransmissão e distribuição – operando de modo interligado.

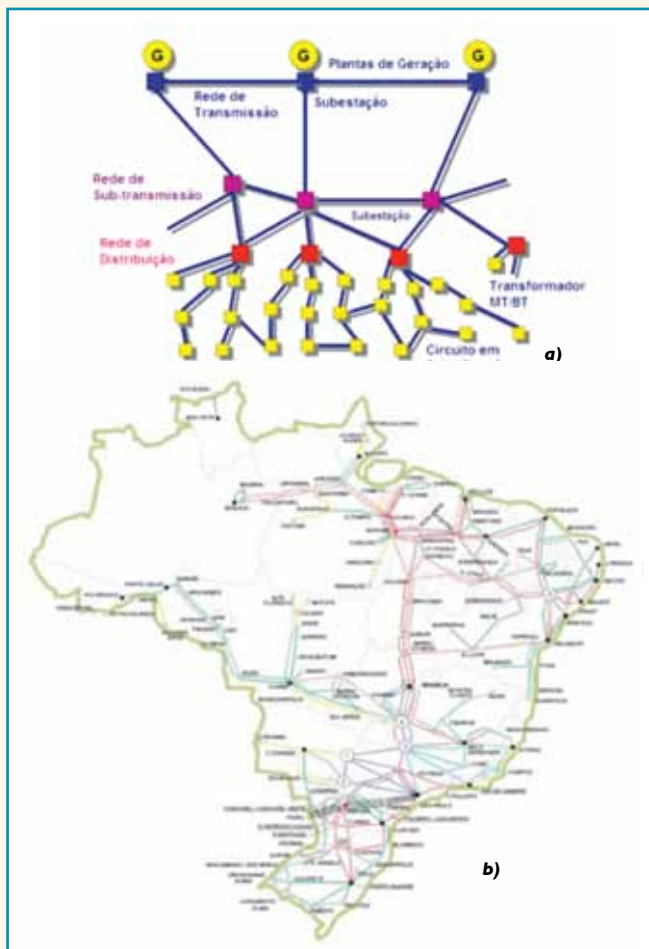


Figura 3 – a) Estrutura ilustrativa de uma rede de energia elétrica. [Fonte: Aneel]; b) O Sistema Interligado Nacional (SIN), uma das redes elétricas mais complexas do mundo. [fonte: Ministério de Minas e Energia]

Para um melhor conhecimento das redes do SIN sugerimos os mapas atualizados do ONS disponíveis em http://www.ons.org.br/conheca_sistema/mapas_sin.aspx.

Aspectos e tendências de geração de energia elétrica

A geração de energia elétrica se dá por meio de diferentes tecnologias. As principais aproveitam um movimento rotatório para gerar corrente alternada em um gerador: são turbinas hidrelétricas, eólicas, a vapor, a gás, a diesel, a carvão (vegetal ou mineral), nuclear ou biomassa. Hidroelétricas e eólicas são consideradas energias limpas, pois não há queima e resíduos, embora haja certo impacto ambiental. Já os demais processos provêm de queima apresentando impacto ambiental na poluição do ar. Fontes como biomassa podem ser consideradas de menor impacto ao se considerar que houve captação do carbono a ser queimado em plantações, devendo-se ter analisado o impacto da poluição local no processo da queima. Combustível nuclear, por usar fissão do átomo e não queima, é limpo

com relação à emissão de gases, mas perigoso por apresentar emissão de radiação que deve ser rigorosamente controlada (um acidente pode causar liberação de gases contaminados com partículas radiativas provenientes do superaquecimento de materiais que entram em contato com o núcleo, gases estes altamente contaminantes).

A energia hidrelétrica tem tecnologia amplamente dominada e acreditava-se que os potenciais aproveitáveis (grandes quedas) já estavam todos mapeados e os que ainda não estavam em uso já tinham projetos avaliados. Entretanto, grandes empreendimentos requerem grandes obras e investimentos, e o que se pensava ser de uso inviável passou a constar na cadeia de produção a partir da viabilidade das pequenas centrais hidrelétricas e da conexão ao SIN. As bacias dos rios Paraná e São Francisco têm índice de aproveitamento de 64,5% e 39,2%, respectivamente. Há baixo aproveitamento das bacias do Amazonas e do Norte/Nordeste (exceto São Francisco). No Brasil, “25,6% do potencial hidrelétrico estimado já foi aproveitado. Em relação ao potencial inventariado, essa proporção aumenta para 37,3%”. [Fonte: Aneel, Atlas de Energia]



Figura 4 – PCH no rio Sucuruí, entre os municípios de Chapadão e Água Clara (MS). [Fonte: ECOA- Ecologia e Ação]

Geração de energia por reações químicas e por células fotovoltaicas não necessita de sistemas de geração por sistemas giratórios. A energia se apresenta na forma de corrente contínua e necessita de sistemas inversores CC-CA para conexão à rede elétrica para distribuição ou uso diretamente no consumo.



Figura 5 – Sistema fotovoltaico instalado no IEE-USP para alimentação do prédio de administração. [Fonte: IEE-USP]

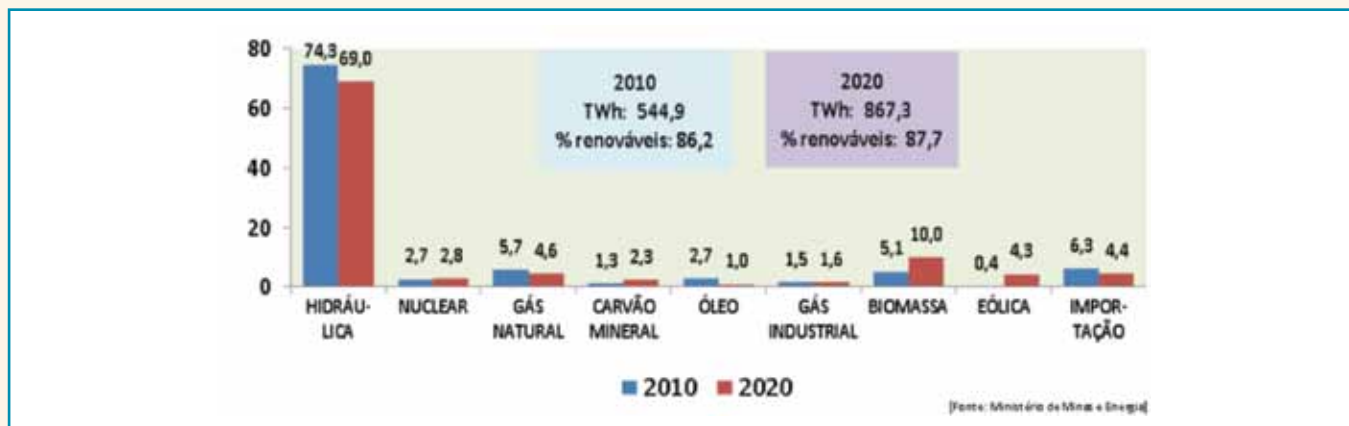


Figura 6 – Expansão da matriz elétrica do Brasil – previsão para 2020.

A geração de energia elétrica no Brasil apresenta peculiaridades inerentes ao nosso clima, à disponibilidade hidrográfica e à vegetação. A Figura a seguir mostra a previsão de evolução da matriz de geração elétrica do Brasil nesta década. Como pode ser visto, há forte incremento de geração baseada em eólica (de 0,4% a 4,3% de participação) e biomassa (de 5,1% a 10,0% de participação), indicando alguns fatores: a biomassa, já presente e forte componente da matriz, passou a ser competitiva a partir de novas técnicas, incentivos e usos frente a outros energéticos; a eólica atingiu o ponto de inflexão da curva custo versus retorno econômico e apresenta, neste cenário economicamente viável, grande oportunidade de negócio.

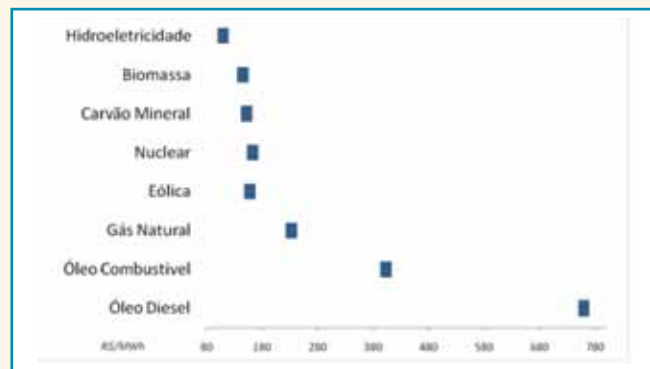


Figura 7 – Custos aproximados e grau de competitividade de energia elétrica gerada (R\$/MWh) a partir de fontes primárias de energia.

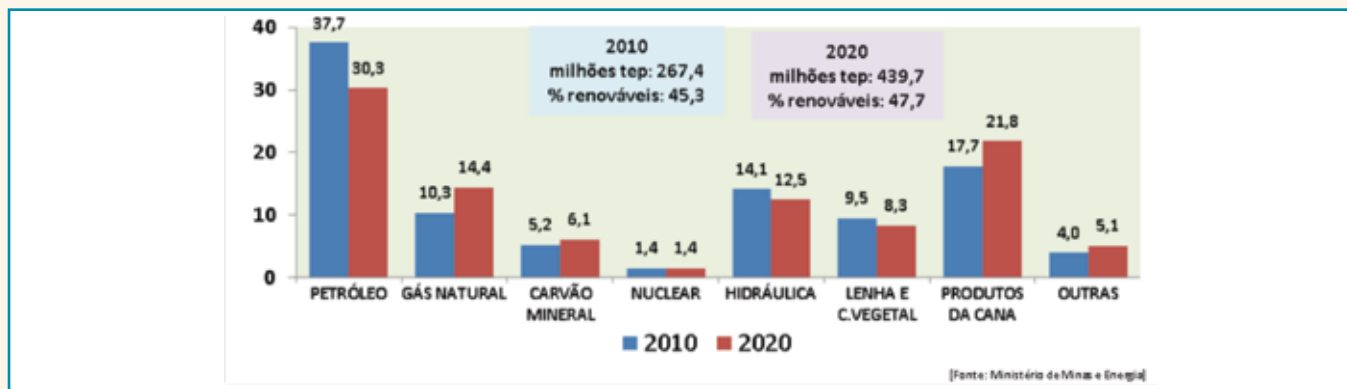


Figura 8 – Expansão da matriz energética do Brasil – previsão para 2020.

Obs: A Agência Internacional de Energia define 1 tep como 41,868 GJ ou 11,630 MWh.

Adicionalmente, a entrada das fontes solares ainda depende de novos incentivos para atingir escala de produção e ultrapassar o ponto de interesse econômico, sendo a grande “promessa” para a próxima década. O atual custo de instalação de painéis fotovoltaicos – U\$ 5.000 a U\$7.000 por kW instalado – apresenta um custo da energia gerada de aproximadamente R\$ 800,00 por MWh (incluído aqui o fator de insolação), que coloca a geração fotovoltaica ainda como inviável economicamente para o mercado. Entretanto, com novos projetos e incentivos, prevê-se que o atual 0,8% do parque de potência elétrica instalada suba para 6,2% em 2020 [MME, 2010], reiterando que a energia solar vai estar

dominada tanto tecnicamente quanto equacionada nos meios econômicos.

Quanto às matrizes energéticas presentes no Brasil, agora não apenas em termos de geração de energia elétrica, mas em termos totais de uso de energia, o Brasil é um dos países do mundo com maior participação de energias renováveis (por volta de 45% no Brasil em comparação com 16% da média mundial). Com as possibilidades futuras de transformação de frota de automóveis de motor a combustão em carros e transportes de massa elétricos, mantendo-se a mesma matriz energética e levando-se a geração para longe dos centros urbanos, obtém-se ganhos de melhoria da qualidade do ar das metrópoles.

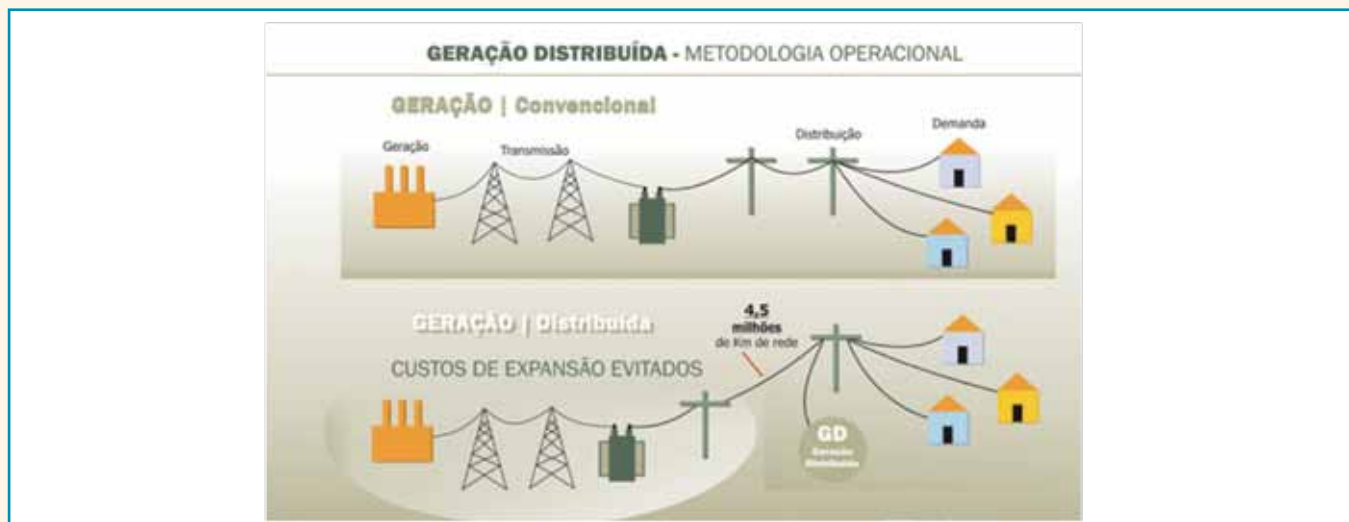


Figura 9 – Diagrama mostra a inserção da geração distribuída já na rede de distribuição de energia elétrica. [fonte: Itaipu Binacional]

Com previsão de aumento do uso de geração distribuída no Brasil, pequenas fontes energéticas, como solar fotovoltaica, começam a ser opção para composição de nossa matriz energética. Porém, tais geradoras de pequeno porte – geralmente conectadas em redes de baixa tensão de distribuidoras – têm enfrentado barreiras técnicas, regulatórias e legais para a conexão e a comercialização de energia, bem como a viabilização econômica dos projetos. A Aneel pretende melhorar as condições para a implementação de usinas de geração distribuída de pequeno porte ainda no primeiro semestre de 2012, devido ao fato de poucas concessionárias terem optado pela contratação de energia proveniente dos mecanismos disponíveis até então – chamada pública. Ou seja, a geração distribuída não atingiu os números esperados, indicando que o modelo a ser proposto deverá ser mais atraente tanto para os empreendimentos geradores quanto para as concessionárias distribuidoras. Entretanto, há de se considerar que o crescimento de implantação de novas tecnologias necessita de mão de obra especializada e tempo de maturação do mercado, o que permitirá que novas medidas atinjam um mercado mais amadurecido.

O Brasil tem incentivos para o uso de PCH (pequenas centrais hidrelétricas), eólicas e usinas à biomassa que injetem até 30 MW de potência nas redes de distribuição e transmissão (que tem atraído investidores) que serão estendidas às gerações fotovoltaicas e termossolares. Para mini e micro geradores, um dos itens de maior interesse será o de compensação da energia gerada: “se a geração for maior que a carga, o consumidor receberá um crédito em energia (isto é, em kWh e não em unidades monetárias) na próxima fatura. Caso contrário, o consumidor pagará apenas a diferença entre a energia consumida e a gerada, mantido o custo de disponibilidade. Os créditos terão prazo de validade de 12 meses.” (fonte: Aneel, 10/11). Diferentemente de outros países que há bastante tempo já incentivam a geração distribuída, não se acena no recebimento de valores monetários pela geração, devido ao fato de, no caso de sobra de energia o país continuar a arcar com despesas deste tipo de geração, o que acontece atualmente com a Europa devido à crise econômica. No sistema proposto de “mata-mata” na conta, o sistema é autorregulado. Outra

proposta se verifica na melhoria dos descontos na Tarifa de Uso dos Sistemas Elétricos de Distribuição (Tusd) e na Tarifa de Uso dos Sistemas Elétricos de Transmissão (Tust) para geração solar: dos atuais 50% (valor vigente) para 80%, aplicável nos dez primeiros anos de operação da usina. Outras proposições farão parte do incentivo, como medidas desburocratizadoras.

Conclusão

Impactos ambientais devem ser analisados com atenção. Todas as formas de utilização das fontes de energia disponíveis, tanto as convencionais como as denominadas alternativas ou não convencionais, agredem em maior ou menor medida o nosso meio ambiente. O homem hoje precisa de energia elétrica para atendimento de suas necessidades básicas e culturais e, no passado, criou uma armadilha pelo desenvolvimento de um modo de vida que hoje tende, não a exaurir as reservas de carbono do planeta, mas devolver à atmosfera uma quantidade significativa de carbono fixado na superfície ao longo dos milênios, pela queima, que pode mudar o seu equilíbrio. Assim, temos que desenvolver sistemas mais limpos de geração de energia, diminuir a pressão por demanda desta energia e criar sistemas mais eficientes do seu uso.

Esse é o nosso desafio.

**Douglas Garcia é engenheiro eletricista. Recebeu o grau de MsC. da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli/USP) e de doutor pela mesma instituição. Atua em programas de pesquisa e projetos no setor elétrico. É pesquisador do Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP (IEE/USP).*

Francisco Elio Duzzi Junior é bacharel em administração de empresas, pós-graduado em gestão de novos negócios, em engenharia financeira e em GVPEC para novos negócios. Atua em pesquisa na área de gestão de energia com estudos de viabilidade financeira/econômica por meio de análises combinatórias. É diretor da New Energy Soluções Integradas de Energia.

Continua na próxima edição
Confira todos os artigos deste fascículo em
www.osetoreletrico.com.br
Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados
para o e-mail redacao@atitudeeditorial.com.br