

# Impacto da mini e microgeração distribuída nas redes de distribuição de energia elétrica

Por Djalma M. Falcão\*

A instalação de unidades geradoras de pequeno ou médio porte, em geral, baseadas em fontes renováveis, residências, condomínios, edifícios residenciais, comerciais ou pequenas indústrias tem crescido em países da Europa, Ásia e América do Norte. O elemento impulsionador desse crescimento tem sido políticas de incentivo, por meio de remuneração atrativa do excedente de energia injetada na rede ou formas atraentes de financiamento do investimento. Esses incentivos visam, principalmente, redução de emissões causadas por fontes de energia provenientes da utilização de combustíveis fósseis e a redução da dependência do petróleo importado.

No Brasil, cuja matriz de geração de energia elétrica já contempla uma larga porcentagem de geração hidrelétrica, a pressão pelo aumento da geração com fontes renováveis é menor. Ainda assim, as dificuldades trazidas pela localização cada vez mais distante dos aproveitamentos hidrelétricos, as restrições ambientais e as dificuldades econômicas associadas à viabilização de megaempreendimentos de geração tornam a utilização de geração distribuída uma opção realista a ser considerada na expansão do sistema elétrico brasileiro.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), respondendo às tendências anteriormente referidas, tem produzido resoluções que favorecem direta ou indiretamente a microgeração e a minigeração. A Resolução 482/2012 estabeleceu as

condições gerais para o acesso de micro e minigeração aos sistemas de distribuição, incluindo a conexão às redes de baixa tensão. Nesta mesma resolução, foi definido o sistema de compensação de energia elétrica, mediante o qual a energia injetada na rede poderá compensar o consumo de energia nos meses subsequentes. Para tanto, o consumidor deverá arcar com as despesas de instalação do sistema de medição bidirecional. A introdução da chamada tarifa branca e das bandeiras tarifárias também contribuiu para tornar mais atrativa a geração distribuída de pequeno e médio porte.

A geração distribuída conectada às redes de distribuição, particularmente na média e baixa tensão, introduz novas questões na operação dessas redes. E essas questões têm caráter econômico e técnico. Do ponto de vista econômico, a minigeração e a microgeração distribuídas, combinadas com a tarifa branca e as bandeiras tarifárias, podem afetar o faturamento das empresas de distribuição. Do ponto de vista técnico, os efeitos são, principalmente, no controle de tensão, no ajuste da proteção, nos níveis de curto-circuito, na operação ilhada, etc.

As tecnologias de geração utilizadas em projetos de minigeração e microgeração deverão ser, principalmente, baseadas em fontes intermitentes de energia, em particular eólica e solar fotovoltaica. Esta última deve ser a tecnologia predominante em projetos de microgeração, atendendo a residências, condomínios e pequenas unidades comerciais. A geração eólica apresenta uma

variação elevada em curto prazo causada pela inconstância na velocidade dos ventos. A geração fotovoltaica, embora mais previsível, pode apresentar grande variabilidade devida à presença de nuvens na região considerada. Esta última ainda apresenta um ciclo diário que se inicia ao amanhecer, atinge um máximo em torno da metade do dia e se anula novamente no final da tarde.

A intermitência e os ciclos de produção dessas fontes introduzem um elemento novo na operação das redes de distribuição, em particular no controle de tensão. Nas redes de distribuição convencionais, em geral com topologia radial, o fluxo de potência ocorre da subestação para as cargas, ocasionando uma queda de tensão ao longo dos alimentadores. A tensão nos pontos terminais desses alimentadores é mantida dentro dos limites previstos nas normas de operação pelo controle da tensão no terminal de baixa tensão dos transformadores da subestação e, eventualmente, pelo uso de reguladores de tensão ao longo dos alimentadores. Em muitos casos, utiliza-se, também, o chaveamento automático ou manual de bancos de capacitores para compensar a potência reativa requerida pela carga. A lógica de operação desses elementos de controle de tensão é simples e segue a flutuação da demanda, a qual apresenta um ciclo diário previsível.

A presença de fontes intermitentes, com as características anteriormente descritas e com capacidade considerável na rede, altera a lógica de controle de tensão da rede de distribuição. Em momento de intensificação da potência entregue por essas fontes, a direção do fluxo de potência na rede pode sofrer uma inversão, produzindo uma elevação da tensão nos pontos em que está sendo injetada na rede. Nesta situação, a lógica de controle convencional deve ser alterada para manter as tensões em todos os pontos da rede dentro dos limites operacionais. Essa alteração de lógica é complexa devido à intermitência da geração, o que exige um processo automático de adaptação dos controles ao nível de geração das diversas fontes. Reguladores de tensão capazes de se adaptar a essa situação já começam a ser disponibilizados no mercado, porém, sua aplicação requer capacitação dos engenheiros e ferramentas de análise ainda não correntemente presentes em nossas empresas de

distribuição.

Problema semelhante ao do controle de tensão ocorre com o ajuste das proteções utilizadas nas redes de média e baixa tensão. A proteção dessas redes baseia-se fortemente no uso de dispositivos para detecção de sobrecorrente (relés, fusíveis, etc.). A aplicação e as condições de funcionamento da geração distribuída podem alterar substancialmente os níveis de correntes de defeito, de forma a causar o mau funcionamento dos dispositivos de proteção. Portanto, as configurações e ajustes da proteção devem ser adaptáveis às condições de funcionamento da geração distribuída. Outro problema associado à microgeração e minigeração distribuída está relacionado à segurança das equipes de manutenção no caso de interrupção de fornecimento por parte da concessionária. Embora as regras de conexão desse tipo de geração exijam sua desconexão automática neste caso, essa condição precisa ser garantida por medidas acessíveis à concessionária, como a capacidade de detecção de ilhamentos.

A minigeração e a microgeração distribuídas estão chegando ao Brasil, trazendo grandes vantagens, como a redução de perdas, menor necessidade de grandes projetos de geração, oportunidades maiores de participação dos consumidores no atendimento à demanda, etc. Porém, trazem consigo problemas técnicos e econômicos que precisam ser bem equacionados e resolvidos para permitir um crescimento adequado desse tipo de geração. Felizmente, ao mesmo tempo e de forma complementar, as tecnologias de redes elétricas inteligentes (smart grid) estão sendo introduzidas no país, as quais fornecem os recursos tecnológicos indispensáveis para um desempenho adequado da minigeração e microgeração conectada às redes de distribuição de energia elétrica.

---

*\*Djalma M. Falcão é engenheiro eletricista, mestre em engenharia elétrica pela Coppe/UFRJ e doutor em engenharia elétrica pela University of Manchester Institute of Science and Technology, com pós-doutorado pela University of California em Berkeley. Atualmente é professor titular da COPPE / Universidade Federal do Rio de Janeiro e membro Fellow do Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).*