

GERAÇÃO DISTRIBUÍDA VERSUS CENTRALIZADA

FERNANDO ANTÓNIO CASTILHO MAMEDE DOS SANTOS *

FERNANDO MIGUEL SOARES MAMEDE DOS SANTOS **

Resumo

A geração distribuída (GD) pode ser uma boa alternativa às formas tradicionais de produção de energia eléctrica, para as diversas aplicações. As tecnologias recentes têm permitido que se construam geradores de dimensões bastante reduzidas, muito eficientes, seguros, fáceis de adquirir e de operar.

A geração distribuída devido às suas características pode oferecer um custo de produção mais baixo e qualidade de energia mais elevada do que um consumidor poderá obter da rede.

Noutros casos a combinação de geração distribuída com a centralizada pode ser uma boa opção (ex: geradores de emergência para a falta de fornecimento e ou limitação dos picos ou da ponta pedida à rede). Mas também existem locais remotos, isolados, em que a geração distribuída poderá ser a única alternativa económica disponível.

1. Introdução

A geração distribuída não é mais que a produção de energia com geradores eléctricos situados junto ou nas proximidades do(s) consumidor(es). Estes deverão produzir potências relativamente baixas, tipicamente na ordem dos 15 kW a 10 MW, para a alimentação de cargas locais. O conceito envolve os equipamentos de controlo,

* Professor da Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Viseu.

** Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Lamego do Instituto Politécnico de Viseu.

sistemas que articulam o funcionamento dos geradores e o eventual controlo de cargas, para uma adaptação à oferta.

A geração distribuída é, pois, uma solução alternativa à geração centralizada de energia, que os homens de negócio e as companhias do sector energético devem ter em consideração para poderem chegar a boas soluções para os problemas de produção e fornecimento de energia.

A produção de energia eléctrica, em grandes quantidades para satisfazer as várias necessidades do consumo, tem sido obtida tradicionalmente com recurso a centros electroprodutores de dimensões consideráveis:

- Centrais térmicas de turbina a vapor;
- Centrais de turbina a gás;
- Motores de combustão interna;
- Centrais hidroeléctricas;
- Centrais nucleares.

Em contraposição às centrais convencionais e como meios complementares e alternativos de produção de energia eléctrica, aparecem novos tipos de centrais cujo desenvolvimento e estudo têm merecido o maior interesse, em vista da actual e futura situação das reservas energéticas dos combustíveis para as centrais convencionais, bem como de preocupações relativas à poluição do ambiente.

Estas formas de produção de energia de menor dimensão são englobadas no conceito de geração distribuída que pode incluir várias formas de produção de energia eléctrica, quer sejam de fontes renováveis ou não. Destas destacam-se nomeadamente:

- Microturbinas a gás
- Pilhas de células de combustível
- Grupo gerador Diesel
- Co-geração
- Minihídricas
- Centrais de Biomassa
- Foto-voltaicas
- Eólicas

2. Evolução Histórica e Tendência Futura da GD

A produção de energia eléctrica no local de consumo, pela falta de redes de

transporte e tecnologia, quer fosse destinada à indústria, ao comércio, às residências ou à agricultura, foi a prática na primeira metade do século XX.

Com as melhorias técnicas nos transformadores e nas linhas de transporte de energia, com tensões cada vez maiores, passou a ser possível transportar mais potência, o que também proporcionou o desenvolvimento de geradores com uma capacidade de produção de energia cada vez mais elevada, o que fez com que o rendimento dos processos de produção de energia fossem melhorados.

A produção de energia centralizada a partir das grandes centrais produtoras passa a ser a prática dominante face à GD, permitindo grandes economias de escala.

Este tipo de produção assenta em investimentos grandes, com instalações de enormes dimensões, indivisíveis e com pouca flexibilidade, que logicamente irá interferir com o modelo de exploração do sector eléctrico, que, em muitos países opera com o regime de monopólio resultante da necessidade de expandir a rede eléctrica ao maior número de clientes possível. Neste tipo de ambiente não liberalizado interessa que a produção centralizada se mantenha, sob o pretexto das economias de escala, sendo a geração distribuída confinada a situações onde o consumidor está isolado da rede.

Mas, este panorama tem vindo a ser mudado devido às crises petrolíferas que começaram nos anos 70, ajudando fortemente ao aparecimento da co-geração e, mais timidamente, de outras formas de produção de energia local e consequentemente distribuída.

Nos anos 90, passou a existir competição no serviço de energia eléctrica estimulando todos os participantes a apresentarem custos competitivos. Como resultado da transformação deste mercado, passam a ser produzidos novos equipamentos, sendo aumentada a atractividade em geração distribuída. Em alguns países, como Finlândia e Holanda, este tipo de produção ultrapassa 40% das necessidades eléctricas nacionais.

Por vezes, a introdução desta produção, em boa parte dos países, é bastante lenta, pois a transformação do mercado dá-se a taxas reduzidas, por um lado, e, por outro, porque a produção centralizada exigiu fortes investimentos e estes têm de ser pagos, o que dificulta a liberalização do sector, logo a competição.

Na figura 1 mostra-se a previsão, expressa em biliões de kilowattthora, constante no “Annual Energy Outlook 2008”, para a evolução da procura de electricidade, num horizonte temporal até 2030.

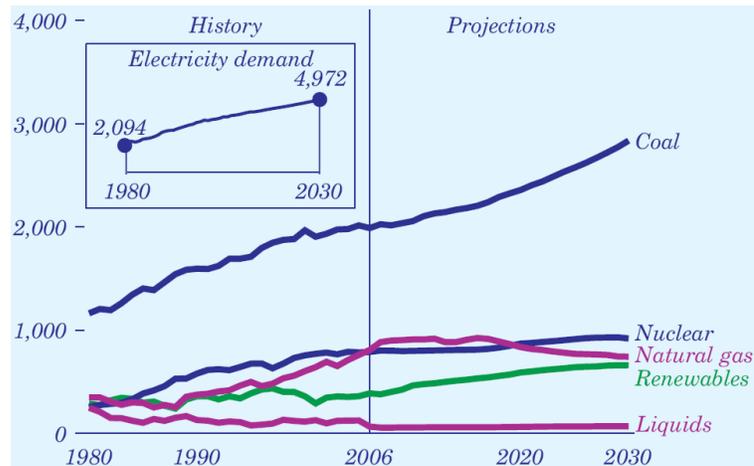


Figura 1 – Previsão de evolução da produção de electricidade das diferentes fontes

Para a geração distribuída, tendo ainda como referência o “Annual Energy Outlook 2000” (AEO2000), podem ser vistas projecções de evolução das tecnologias de geração distribuídas num horizonte temporal de previsão até 2020. Embora as tecnologias de geração distribuídas emergentes (Ex: Fotovoltaicas (PV), pilhas de células de combustível, microturbinas, etc...) mostrem declínios de custo ao longo do período de projecção, estes não são muito grandes de forma a se obterem ganhos significativos, com a entrada destas formas de GD durante os próximos 20 anos. A Figura 2 mostra a previsão da construção de centrais das várias tecnologias de geração distribuídas até 2020.

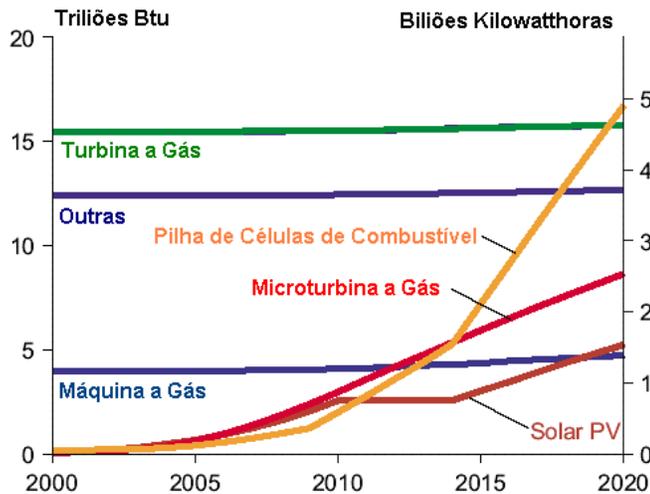


Figura 2 – Previsão de evolução da instalação das várias tecnologias de GD

Como é visível na figura, a tecnologia de turbina de gás natural tende a ter a liderança da geração distribuída até mesmo ao fim do período, com uma pequena variação dos níveis do presente. As pilhas de células de combustível vão ganhar cada vez mais uma percentagem maior do mercado, devido, em boa parte, à descida dos custos de instalação, pois esta tecnologia está actualmente em fase de demonstração e a curto prazo vai entrar na era da sua produção em massa. A PV terá uma dimensão pequena relativamente às outras tecnologias, embora vá aumentado com o tempo devido à redução dos seus custos e a políticas de incentivo que possam promover a sua instalação.

A tabela 1 mostra os custos projectados (só os do equipamento e instalação, sem contar com os operacionais ou de manutenção) e os rendimentos de conversões eléctricas, para a construção de novas centrais nos EUA de várias tecnologias de geração distribuídas. O declínio dos custos só é previsto para tecnologias emergentes, sendo os custos para tecnologias mais “maduras” constantes em condições reais. Assim, os custos das tecnologias que estão emergindo diminuem relativamente às tecnologias já implementadas.

**TABELA 1 – PREVISÃO DA EVOLUÇÃO DOS CUSTOS
DO EQUIPAMENTO, DA INSTALAÇÃO E DOS RENDIMENTOS
EM VÁRIAS TECNOLOGIAS DE GD NOS USA.**

Tecnologia	2005 – 2009		2010 - 2014		2015 - 2020	
	Custo (em € por Kilowatt)	Rendimento (%)	Custo (em € por Kilowatt)	Rendimento (%)	Custo (em € por Kilowatt)	Rendimento (%)
P.V.	4 158	16	3 178	18	2 426	20
Pilha de Células Combustível	3 000	40	2 425	40	1 725	40
Turbina a Gás	900	29	900	29	900	29
Máquina a Gás	900	35	900	35	900	35
Microturbina a Gás	700	27	700	27	700	27
Convencional a Óleo	500	33	500	33	500	33

3. Geração Distribuída/Centralizada

O rendimento eléctrico da maioria das centrais produtoras que actualmente se encontram em funcionamento é da ordem dos 28 a 35%. Isto significa que são capazes de converter 28 a 35% da energia primária que utilizam em energia eléctrica. Em comparação, as pilhas de células de combustível, de dimensões bastante reduzidas, conseguem rendimentos eléctricos frequentemente da superiores 40 %. De igual modo se atinge esse rendimento em várias turbinas a gás na Geração Distribuída, com tecnologia de ponta e unidades de ciclo combinado.

Mas não é correcto este tipo de comparação, pois as unidades de geração distribuída que são referidas são unidades modernas que utilizam tecnologia avançada, recentemente aperfeiçoada, com a utilização do controlo computadorizado, permitindo otimizar o seu funcionamento e manutenção. Em oposição do lado da produção centralizada, muitas vezes temos infra-estruturas com 20 anos de idade e por vezes até mesmo 50 anos. Logo, temos sistemas mais velhos, com tecnologia inferior e cujo desempenho é inferior. No entanto, a “justiça” desta comparação, importa para o

homem de negócios que verifica que paga Y cêntimos (€) por kWh à empresa local fornecedora de energia e descobre que, construindo o seu próprio sistema de geração distribuída, o custo é $Y-n$ cêntimos (€) por kWh.

O facto dos pequenos geradores modernos poderem ser mais eficientes e menos caros durante o seu funcionamento que os geradores grandes mais antigos, poderá levar algumas pessoas a concluir que não existe economia com a utilização da economia de escala para a produção de energia. Este tipo de pensamento é incorrecto. Se forem considerados níveis equivalentes de tecnologia e o mesmo tipo de desígnio, fisicamente as centrais maiores estão em vantagem. A situação pode ser analisada de duas formas:

- O tamanho melhora a eficiência térmica: Está provado que os geradores de maiores dimensões conseguem rendimentos mais elevados. Isto pode ser explicado pelo facto de que um maior tamanho diminui a quantidade de perdas do processo de conversão em energia eléctrica.

- Multiplicação do número de unidades: Mesmo que não exista economia de escala, o aumento de potência, através de um maior número de unidades (idênticas), permite uma diminuição de custos. Por exemplo, se a central só tiver uma unidade produtora e custos X € por kW, uma outra central com duas unidades produtoras custaria menos de X € por kW. Ainda que a eficiência por unidade seja a mesma, existem custos que são repartidos pelas duas unidades produtoras e que teriam de ser suportados por uma única, no caso de só termos uma unidade produtora, como por exemplo: ponto de ligação, transformador, inversor DC-AC, protecção e controlo, que, ao serem repartidos, diminuem os custos de capital investido e manutenção.

Pelo exposto, pode dizer-se que se a tecnologia de uma central de grandes dimensões for igual a uma de pequenas dimensões de GD, a primeira é ligeiramente menos cara por KW, em termos de investimento para construção, bem como em termos de rendimento global do processo produtivo de energia eléctrica.

Mas, na realidade, não é só a eficiência que interessa, mas também o custo operacional total. Tendo em consideração este, existe uma leve economia de escala, embora pequena, em relação a unidades de grande dimensão, que previsivelmente continuará no futuro.

Por vezes, o aumento da eficiência, com o aumento do tamanho, torna-se insignificante quando a central atinge certas dimensões e podem ser preferidas unidades menores em vez de unidades grandes.

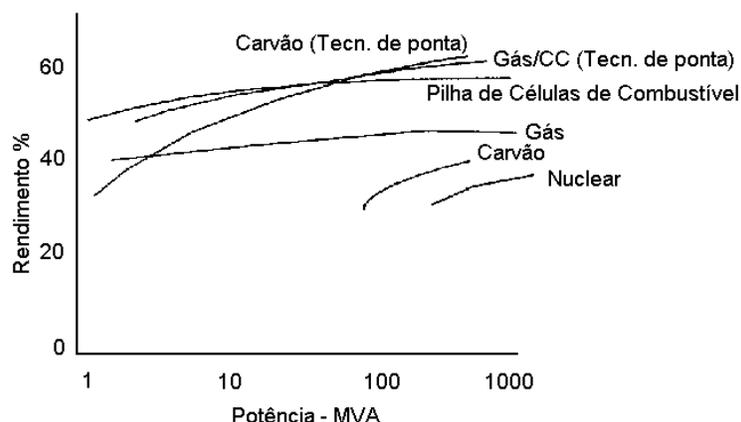


Figura 3 – Rendimento em função do tamanho da central para várias tecnologias com base na melhor tecnologia disponível actualmente.

Como se pode constatar na figura 3 o efeito de escala não é o mesmo para todas as tecnologias. Considerando uma central a carvão de tecnologia avançada, o rendimento vai desde pouco mais de 30 % para cerca de 2 MVA até cerca de 60 % nos 500 MVA. Se considerar uma central a gás (tradicional sem ciclo combinado), vai desde aproximadamente os 40% a 3 MVA até aos 45% a 250 MVA. A partir desse valor de potência já não existe grande vantagem em tentar aumentar a potência pois o rendimento permanece sensivelmente constante.

É certo que, para uma mesma tecnologia básica, um gerador de grandes dimensões vai conseguir produzir energia a um custo por kWh igual ou mais baixo do que um com menores dimensões. Mas há que ter em conta que, para novas centrais menores (GD), o risco de investimento é mais baixo (menores necessidades financeiras), pois a potência a instalar adapta-se de uma forma mais adequada à carga pedida. Isto é, evita-se a instalação de potência excessiva, logo reduz-se o risco de investimento que, à partida, será maior, bem como a possibilidade de, no futuro, poderem não corresponder à evolução esperada dos consumos. Um outro factor que não deve ser esquecido é que os geradores pequenos poderão trazer custos menores de funcionamento em determinadas situações, nomeadamente se existirem encargos fixos

de transporte e distribuição elevados numa determinada zona.

3. Motivos Para a Forte Expansão da GD

A GD, que consiste na produção combinada de energia eléctrica e calor, é vulgarmente conhecida por Combined Heat and Power (Cogeração), o que contrasta, frequentemente, com a geração centralizada, onde o calor libertado é um factor negativo, pois vai directamente para a biosfera. Nesta situação a GD consegue uma boa eficiência energética, existindo como consequência a diminuição dos custos com as fontes primárias de energia.

Estudos de investigação nas tecnologias da GD permitiram a diminuição de custos nos geradores de potência reduzida, a mitigação no efeito do impacto ambiental com algumas das novas tecnologias, bem como um bom aumento nas questões de fiabilidade destes equipamentos levaram à expansão da GD.

Um motivo que contribui como factor impulsionador para o desenvolvimento da geração distribuída é a protecção do meio ambiente, em que cada vez mais o desenvolvimento sustentado passa a ser uma realidade. Um conjunto significativo de novas tecnologias de geração distribuída assenta nesta filosofia de geração sustentada e novos combustíveis. Hoje em dia, a exigência ambiental e a eficiência energética são os pilares desta nova tecnologia de geração, para aplicação distribuída.

A mudança em curso no sector eléctrico, em vários países, de regimes de monopólio, para outros liberalizados (liberalização do sector eléctrico), permite que novas empresas entrem no mercado da produção de energia eléctrica. A linha de orientação destas é estudarem falhas de mercado, podendo oferecer soluções melhores aos seus clientes e permitindo-lhes escolherem novas formas para as suas necessidades energéticas.

Um outro factor que tem ajudado ao crescimento da geração GD é o aumento constante dos consumos que, em muitas zonas do planeta, faz com que os níveis de qualidade da energia tenham vindo a diminuir, ficando desadequados às necessidades. Surgem assim condições para que a GD seja uma opção dando uma resposta rápida para a satisfação destas necessidades.

A necessidade de elevada qualidade de energia eléctrica para determinados equipamentos, pode ser conseguida com uma escolha correcta da tecnologia de GD e com a proximidade entre a produção de energia e o local de consumo.

4. Principais Aplicações da GD

Determinar se a geração distribuída é melhor para uma dada aplicação e que tipo de geração distribuída aplicar, requer objectividade no que se pretende, uma análise detalhada e uma compreensão clara das prioridades em questão.

Geralmente aplica-se GD quando estamos perante as seguintes situações:

- Em zonas rurais e isoladas, onde existem encargos fixos consideráveis de transporte e distribuição de energia e onde investimentos iniciais em sistemas de rede são muitos dispendiosos e anti-económicos. A GD, como já foi referido, pode oferecer um baixo investimento inicial, bem como baixos custos de funcionamento.

- Em zonas urbanas desenvolvidas, onde a rede tem dificuldade para responder a novas solicitações de carga, em que o custo de reforço da rede é muito elevado, podendo a geração distribuída ser um investimento mais rentável.

- Em locais onde, devido a um conjunto de factores, o preço fornecido pelo(s) comercializador(es) de energia da rede local é muito elevado, a geração distribuída poderá fornecê-la a menor custo e com níveis de qualidade em termos de fiabilidade semelhante ao sistema tradicional.

- Para consumidores que precisam de níveis altos de qualidade no fornecimento de energia, relacionada com a ausência de interrupções no fornecimento ou fiabilidade (“power reliability”) e ou na qualidade da onda (“power quality”), onde os parâmetros característicos devem estar muito próximos dos valores nominais que os definem (frequência, sistema de tensões polifásico equilibrado e simétrico e formas de onda sinusoidais). Os consumidores com este tipo de necessidades de qualidade estão dispostos a pagá-la e a geração distribuída faz frequentemente parte da solução mais económica para responder às suas necessidades específicas.

Os sistemas de geração distribuídos que se implementam actualmente usam tecnologias avançadas, que têm uma importante função, por vezes insubstituível, para servirem as necessidades do consumidor de forma económica e segura. Em alguns casos podem dar origem a uma melhor economia ou qualidade de energia superior, do que a comprada à(s) entidade(s) comercializadora(s) que utilizem a rede para transporte e distribuição de energia.

5. Vantagens da GD

A proximidade do local de consumo ao de produção vai fazer com que a geração distribuída tenha algumas vantagens, trazendo benefícios para os consumidores e ou para as empresas do sector sendo de destacar:

- Diminuição das perdas na rede de transmissão e distribuição, logo redução dos custos de exploração, bem como menor investimento para reforçar o sistema de rede.

- Redução dos investimentos para implementação de novas centrais, nomeadamente para satisfazer a ponta e para reservas do sistema de produção, porque com a GD as novas unidades produtoras podem ser implementadas de forma modular à medida que cresce a procura.

- Diminuição dos riscos de planeamento, devido ao menor tamanho das unidades de produção e flexibilidade das soluções.

- A existência de reserva (de geração) distribuída permite um aumento da estabilidade do sistema eléctrico.

- Aumento da qualidade de serviço aos consumidores próximos à produção local por adicionar fonte não sujeita a falhas na transmissão e distribuição. A garantia da continuidade de serviço é um factor crítico para alguns sectores industriais e empresas de serviços da nova economia, e, essencialmente, onde a interrupção de serviço é economicamente inaceitável, ou em sistemas onde possa colocar em risco, quer a segurança humana quer a área envolvente (edifício, equipamentos...). O fornecimento desta energia, com elevado padrão de qualidade, destina-se na indústria a aplicações sensíveis, nomeadamente circuitos electrónicos, circuitos de instrumentação e sistemas de controlo.

- A geração distribuída têm um tempo de implementação menor, comparativamente à geração centralizada, e reforços das respectivas redes, logo permite uma resposta mais rápida ao crescimento da procura.

- As necessidades energéticas particulares dos clientes podem ser satisfeitas de forma personalizada.

- Com o recurso a políticas de gestão adequadas, permite efectuar poupanças nas facturas energéticas, com a produção de energia durante os picos de consumo e ou nas horas de ponta, tornando mais rápida a amortização dos investimentos.

- Podem ser implementados geradores de emergência que, em caso de falha da rede, poderão garantir a normal continuidade das actividades em curso, evitando situações desagradáveis.

- Permite que a energia eléctrica seja disponibilizada em áreas sensíveis, do

ponto de vista ambiental e histórico, com recurso a técnicas que permitem uma elevada eficiência e reduzida emissão de poluentes.

- A energia eléctrica pode ser disponibilizada em locais remotos sem infra-estruturas de transmissão e distribuição, onde é bastante cara a sua instalação.

- Existe uma oportunidade para os potenciais concorrentes de entrada no mercado da energia, com um custo relativamente baixo.

- Boa parte das várias tecnologias de GD proporcionam flexibilidade na sua instalação, pelo facto de possuírem características modulares e serem compactas.

Em termos nacionais, resultam fundamentalmente benefícios económicos e ambientais, nos seguintes aspectos:

- Permite a obtenção de benefícios globais resultantes da maior eficiência energética, obtida pela conjugação da geração distribuída com a geração centralizada, e das economias resultantes.

- A diminuição dos impactos ambientais da produção de energia eléctrica resultam da utilização de combustíveis menos poluentes, do melhor uso dos combustíveis tradicionais e permite, com a utilização da co-geração, a eliminação de resíduos industriais poluidores.

- São abertas maiores oportunidades de comercialização, na medida em que locais que eram remotos e não tinham viabilidade de disporem de energia eléctrica, poderão passar a ser alimentados, melhorando as condições locais da actividade económica dessas zonas. Para a competitividade no mercado de energia eléctrica também surgem maiores oportunidades, na medida em que a DG diminui o valor do capital investido, permitindo o aparecimento de outras empresas que não sejam necessariamente de capital intensivo, aparecendo assim um maior leque de prestadores de serviço e, com isso, a possibilidade de se poder optar pelo fornecedor com melhores condições de mercado, reduzindo a factura energética do sector industrial do país.

Existe ainda mais uma vantagem para os co-geradores:

- Através da co-geração (produção energia eléctrica + calor) consegue-se um aumento da eficiência energética, com redução simultânea do valor da factura conjunta da energia eléctrica e térmica, com possibilidade de colocar a energia eléctrica, quando excedentária, na rede.

6. Desvantagens da GD

As desvantagens da geração distribuída devem ser levadas em consideração, e têm, principalmente, como causas o aumento do número de entidades envolvidas e a separação das funções de distribuição e comercial.

Assim, são de considerar as seguintes desvantagens:

- O planeamento e a operação do sistema eléctrico fica mais complexo.
- Vai existir um aumento da complexidade administrativa, comercial e contratual.
- Vai existir um aumento da complexidade nos procedimentos, na realização de acções de manutenção e nas medidas de segurança a serem tomadas.
- Por vezes, existe uma diminuição do factor de utilização das instalações das concessionárias de transporte e distribuição, bem como de centrais produtoras, o que vai fazer com que exista uma tendência para aumentar o preço médio de fornecimento das mesmas.
- **As entidades responsáveis pelas redes de transporte e distribuição necessitam de se equipar com ferramentas de análise para avaliação do impacto das fontes de geração distribuída, ligadas à rede, quer sob o ponto de vista de fiabilidade de fornecimento, quer estabilidade de operação e qualidade de tensão. Muitas destas fontes são não despacháveis, logo de operação variável, sujeitas à flutuação de suprimento de energia primária como a do vento, da radiação solar e a hídrica. Neste sentido, as entidades de transporte e distribuição têm todo o interesse no desenvolvimento de aplicações de análise de impacto das variadas fontes de geração distribuída na rede de distribuição.**

Conclusões

A produção descentralizada permite, em certas aplicações, reduzir o investimento necessário e aumentar a eficiência global do sistema, bem como as perdas na transmissão. Estatisticamente é provado que a utilização de várias pequenas unidades, do ponto de vista da fiabilidade, é mais favorável pelo facto de existir uma maior diversidade no fornecimento de energia.

Pela reestruturação das políticas ao nível ambiental, pela evolução tecnológica e por estarmos perante a liberalização do sector eléctrico, a GD é propícia à expansão no mercado da electricidade, e pode ter um lugar importante no desenvolvimento da geração distribuída nos próximos anos.

O mercado tende a favorecer os sistemas pequenos, modulares, pelo facto de serem tecnologias de fácil instalação quando estamos perante situações de evolução de cargas e se torna necessário o reforço das instalações existentes. Esse reforço surge quando:

- Existe uma evolução crescente da procura doméstica e industrial;

- Ganhos nos custos e no desempenho na utilização de tecnologias de geração distribuída;
 - Nas exigências, a nível nacional e internacional, pelo baixo impacto ambiental, com alto desempenho e eficiência;
 - Quando existe a preocupação de implementar sistemas eficientes de maior fiabilidade para fornecer energia eléctrica com elevada qualidade.

Portanto, a GD pode proporcionar opções de gerar potência no sistema de distribuição de energia no Sector Eléctrico Nacional, pelo Grupo EDP ou por outros produtores, e permitir que os clientes possam dispor de uma melhor qualidade da energia.

BIBLIOGRAFIA:

- Fernando Miguel Soares Mamede dos Santos, *Células de Combustível: Uma Tecnologia para a Geração Distribuída*, Dissertação de Mestrado apresentada na Universidade de Coimbra orientada pelo Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, 2003.
- Fernando Miguel Soares Mamede dos Santos, *A Geração Distribuída e as Células de Combustível*, trabalho da disciplina de Seminário de Sistemas de Energia do MEEC da FCTUC orientado pelo Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Setembro de 2002.
- Fernando Miguel Soares Mamede dos Santos, *Estudo da tecnologia do hidrogénio "PEM" aplicada à produção de energia eléctrica*, trabalho da disciplina de Laboratório de Sistemas de Energia do MEEC da FCTUC orientado pelo Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Setembro de 2002.
- Lorin Philipson e H. Lee Willis, "Understanding Electric Utilities and De-Regulation", *ABB Electric Systems Technology Institute Raleigh*, North Carolina, 2000, ISBN: 0824719204.
- Erin Boedecker, John Cymbalsky e Steven Wade, "Modeling Distributed Electricity Generation in the NEMS Buildings Models", *Energy Information Administration/Issues in: Midterm Analysis and Forecasting*, <http://www.eia.doe.gov/oiaf/analysispaper/pdf/distgen.pdf>, 2000.
- Valério Mortada, "Notas sobre Geração Distribuída", <http://www.inee.org.br/download/forum%5Cnotas%20sobre%20GD.pdf>, Julho 2001.
- Dan Rastler, "Overview of Distributed Resources", Area Manager Distributed

Resources, *EPRI Solutions*,

http://www.afe39.org/pdf_files/SantaClara%20Energy%20Engineers.pdf.

- H. Lee Willis e Walter G. Scott, “Distributed Power Generation, Planning and Evaluation”, *ABB Power T&D Company*, Inc. Raleigh, North Carolina 1998, ISBN 0-8247-0336-7.
- Artur D. Little Inc, “*Opportunities for Micropower and Fuel Cell / Gas Turbine Hybrid Systems in Industrial Applications*”.
- Peter Schilken, “Nouvelles Technologies de Petite Cogénération”, *ADEME/Energie-cités*, Abril de 2001.
- Annual Energy Outlook 2008, U.S. Department of Energy, Washington, June 2008.