

IMPLANTAÇÃO DE UNIDADES DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO PROJETO CIDADE INTELIGENTE BÚZIOS: UM ESTUDO DE CASO

IMPLEMENTATION OF DISTRIBUTED GENERATION UNITS IN THE INTELLIGENT DESIGN OF BÚZIOS CITY: A CASE STUDY

Márcio Zamboti Fortes¹
Vitor Hugo Ferreira²
Renan Silva Maciel³
Weules Fernandes Correia⁴

Data de entrega dos originais à redação em: 22/05/2015
e recebido para diagramação em: 13/08/2015.

Existem no mundo vários projetos de implantação de smart cities (cidades inteligentes). Como exemplo, pode-se citar Málaga (Espanha) e Kochi (Índia), onde as tecnologias de ponta são aplicadas, entre outras finalidades, à integração inteligente de fontes de geração de energia independentes das redes das concessionárias, com o objetivo de aproveitamento de fontes renováveis de energia para o bem-estar do consumidor. Este trabalho apresenta as aplicações em pequenas centrais de geração distribuída, com fontes fotovoltaicas e com pequenos geradores eólicos, implantadas na cidade de Armação de Búzios, no estado do Rio de Janeiro. Este projeto é desenvolvido pela Ampla Energia & Serviços S/A, concessionária de energia elétrica do estado do Rio de Janeiro, integrante do Grupo Enel da Itália. Iniciado no ano de 2011, o projeto busca implementar novas tecnologias, que promoverão Búzios ao posto de "1ª Cidade Inteligente da América Latina", a fim de fomentar o uso dessas tecnologias e trazer conceitos de sustentabilidade e eficiência energética para mais próximos da sociedade brasileira. Este artigo apresenta as ações já implantadas no projeto dentro do bloco chamado Geração Inteligente de Energia.

Palavras-chave: Cidade Inteligente. Geração de Energia. Geração Distribuída.

There are several implementation projects of smart cities in different places around the world, such as Malaga (Spain) and Kochi (India). One of the main objectives of such projects is to apply advanced technologies for intelligent integration of distributed generation systems to the utility grid. The improved penetration of renewable energy sources results in many overall benefits to the local consumer. This paper presents an applications with small distributed generation plants (photovoltaic and small wind generators) deployed in the Buzios city, state of Rio de Janeiro, Brazil. This project is developed by Ampla Energia e Serviços S/A, the electric utility of Rio de Janeiro state, member of the Enel Group in Italy. Started in 2011, the project seeks to implement new technologies that will promote Buzios to the rank of the "1st Smart City in Latin America," in order to demonstrate the use of these technologies and bring concepts of sustainability and energy efficiency closer to the Brazilian society. This paper presents the actions already implemented in the project within the block called Smart Power Generation.

Keywords: Smart City. Power Generation. Distributed Generation.

1 INTRODUÇÃO

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) publicou em abril de 2012 a Resolução Normativa N°482 e depois em dezembro do mesmo ano, a Resolução Normativa N° 517, que estabelecem as condições para acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica (FORTES et al.,2015). Entende-se por microgeração uma central geradora de energia elétrica com potência instalada menor ou igual a 100 kW, que utilize como fonte primária energia hidráulica, solar, biomassa, eólica ou cogeração qualificada, e esteja conectada à rede de distribuição da concessionária de energia por meio de unidade consumidora. Da mesma forma, entende-se por minigeração distribuída a uma central geradora

de energia elétrica com potência instalada maior que 100 kW e menor ou igual a 1 MW, com as mesmas fontes da microgeração e também conectada a rede de distribuição da concessionária de energia local.

Como destacado em Moraes et al. (2013) a geração distribuída é um dos caminhos encontrados para promover o desenvolvimento sustentável explorando as potencialidades das fontes renováveis de energia, possibilitando avanços socioeconômicos com impactos mínimos ao meio ambiente.

Avaliar os potenciais de cada local onde se pretende instalar pequenas unidades de geração é de extrema importância, pois propicia identificar as tecnologias que podem ser aplicadas ao centro de consumo aproveitando as características ambientais

1 Departamento de Engenharia Elétrica - TEE - Universidade Federal Fluminense.

2 Departamento de Engenharia Elétrica - TEE - Universidade Federal Fluminense.

3 Departamento de Engenharia Elétrica - TEE - Universidade Federal Fluminense.

4 Projeto Cidade Inteligente Búzios - Ampla Energia e Serviços S.A.

locais e possíveis reaproveitamento de materiais inservíveis gerados pela comunidade. Em Rabelo et al. (2011) apresenta-se um modelo de pesquisa e análise crítica das potencialidades de geração de energia que podem ser exploradas para cidade localizada em Minas Gerais.

Estudar e validar a melhor localização dos geradores distribuídos é uma das linhas de estudo que vem atraindo vários pesquisadores. Como exemplos destes estudos, podem-se citar: Utilização de algoritmos genéticos como apresentado em Aoki et al. (2009) e Melo; Leite (2009).

Outro aspecto importante com relação à Geração Distribuída é como fomentar e estimular sua implantação. Este tema é estudado por Dias et al. (2005) e especificamente nos estados da Bahia, Mato Grosso e São Paulo por Bajay et al. (2006).

As possíveis fontes de geração distribuída com energia renovável e seus custos de implantação estão descritas no trabalho de Almeida (2010). Como possíveis fontes geradoras distribuídas destaca-se o reaproveitamento de resíduos sólidos por incineração como apresentado em Barbosa (2011) e energia solar em Rodriguez (2002) e Miranda (2013).

Portanto, nota-se que aspectos relacionados à geração distribuída, como suas tecnologias, o aproveitamento desse recurso e os impactos para as distribuidoras e para a comunidade, têm sido amplamente abordados nos âmbitos da pesquisa, aplicação e na regulamentação nacional. Em vista disso, este trabalho visa a contribuir na área da aplicação da geração distribuída no País, apresentando um estudo de caso referente aos sistemas de microgeração fotovoltaica e eólica instalados, no âmbito do projeto Cidades Inteligentes Búzios, no município de Armação dos Búzios, Rio de Janeiro.

2 O PROJETO CIDADE INTELIGENTE BÚZIOS

No Brasil, o tema cidade inteligente está em pauta nos diversos setores (instituições de pesquisa, concessionárias, reguladoras, governo federal, universidades e sociedade). Uma avaliação do cenário brasileiro atual é apresentada por Mabub et al. (2013), comentando em linhas gerais alguns projetos em desenvolvimento, incluindo o projeto destacado neste artigo.

O projeto Cidade Inteligente Búzios visa à construção da primeira cidade inteligente da América Latina, localizada em Búzios, no estado do Rio de Janeiro. A construção deste caso real possibilitará a obtenção de informações para o desenvolvimento de projetos para expansão do conceito de *Smart City* em outras regiões do Brasil e da América Latina.

Como destacado em Vilaca et al. (2014), o projeto em questão objetiva atender 10.363 clientes, sendo 13 industriais, 1.518 comerciais e serviços públicos e 8.832 residências, contando também com uma previsão de instalação de 25 pontos de automação, além da utilização de três linhas de média tensão (15 kV) com 67 km de circuitos, 450 transformadores abaixadores de tensão e atendendo a um consumo 55 GWh/ano, baseando-se em dados de 2011.

Para desenvolvimento do projeto, foram definidos oito blocos de trabalho, de forma a englobar as áreas necessárias para a elaboração e expansão do mesmo (FORTES et al., 2015). Os oito blocos foram nomeados como:

- Comunicação com clientes e Sociedade
- Geração e Armazenagem Inteligente de Energia
- Medição Eletrônica Inteligente
- Telecomunicações e Sistemas
- Automação de Rede
- Veículos Elétricos
- Iluminação Pública Eficiente
- Edifícios Inteligentes

2.1 O Projeto de Geração Distribuída em Implantação

O bloco de geração e armazenamento inteligente de energia objetiva-se integrar os sistemas de micro geração de energia renovável e armazenamento na rede de distribuição em baixa tensão para usos específicos em clientes ligados em baixa tensão, visando o dimensionamento do melhor sistema para cada tipo de cliente, bem como o local de instalação (VILACA et al., 2014).

Neste projeto (Cidade Inteligente Búzios) pretende-se acompanhar, analisar e avaliar a implantação de alguns produtos como:

- Modelo para integração dos sistemas de micro geração de energias renováveis, armazenamento na rede de distribuição em baixa tensão e utilização.
- Instalação de sistemas de micro geração instalados em unidades consumidoras do grupo B.
- Utilização de sistema de baterias que armazene energia da rede de distribuição nos horários fora da demanda e descarregue nos horários de maior demanda quando a energia for mais cara.
- A avaliação dos resultados, buscando respostas para os seguintes questionamentos:
 - Qual o melhor sistema de geração distribuída para cada tipo de cliente e local?
 - Quais os impactos técnicos e econômicos da conexão dos sistemas de micro geração à rede de distribuição?
 - Quais as melhores tecnologias a serem aplicadas em sistemas de micro geração localizados em áreas urbanas?
- Conscientização e popularização o uso das fontes alternativas junto ao consumidor.

Segundo Vilaca et al. (2014) entre as ações previstas para o projeto estão:

A instalação de 12 módulos de microgeração distribuída, em unidades diferentes com capacidade em potência instalada de 1,5 e 5 kWp, que serão definidos durante o projeto. A princípio o somatório das potências instaladas será de 65 kW sendo: 45 kWp em fotovoltaica, 5 kW em baterias e 15 kW em eólica. A configuração de cada geração distribuída poderá ser: somente com geradores fotovoltaico ou eólico, ou os dois conjugados que serão definidos de acordo com a localização de

cada imóvel, considerando a fonte de energia disponível (radiação solar e vento). Os sistemas quando mistos serão interligados ao quadro de carga do imóvel, que estará conectado também a instalação elétrica do imóvel, através de um conversor DC/AC, que por sua vez estará conectado a rede de distribuição de baixa tensão pelo medidor de energia como as outras fontes instaladas. As potências dos geradores e armazenadores serão definidos na elaboração do projeto que estará baseado no tipo do imóvel escolhido, considerando a demanda de consumo do mesmo onde poderão ser definidos sistemas que supram integralmente ou parcialmente a demanda máxima de cada unidade consumidora.

Outro objetivo do projeto consiste na avaliação de alguns usos de energia elétrica alimentados por geração distribuída, a partir de fontes alternativas, principalmente para iluminação, bombeamento, refrigeração e/ou produção de gelo de fácil percepção pela população de Búzios. O desenvolvimento e produção de sistema de iluminação por microgeração distribuída de energia elétrica, também será abordada através de sistemas de geração distribuída instalados em bicicletas estacionárias, assim como o desenvolvimento e produção de sistema de bombeamento por energia elétrica gerada através de sistema de placas fotovoltaica instaladas nas principais praias de Búzios, "chuveiros solares". Dentro desse mesmo objetivo será desenvolvido um sistema de produção e armazenamento de frio (para conservação de alimentos ou produção de gelo) a partir de geração distribuída através de sistemas eólico e fotovoltaico.

painéis policristalino de 245 Wp e um inversor de 5 kWp; b) Um sistema fotovoltaico de 5 kWp contendo 40 painéis de filme fino de 130 Wp e um inversor de 5 kWp; c) Um aerogerador tipo vertical de 2 kW, um retificador e um inversor e d) Uma estação meteorológica que armazena informações sobre: radiação solar, temperatura externa, direção do vento, temperatura do vento e velocidade do vento. Esta estação contribui na análise de desempenho dos sistemas de geração instalados no Centro de Monitoramento tanto eólico como fotovoltaico. A Figura 1 apresenta uma vista externa do local (FORTES et al., 2014).

2.2.2 Clube de Tênis, restaurante e três escolas municipais

Nestes locais estão instalados kits que possuem os equipamentos descritos a seguir em cada uma das unidades. Sistema fotovoltaico de 5 kWp contendo: 20 painéis policristalino de 245 Wp e um inversor de 5 kWp. As Figuras 2, 3 e 4 ilustram estas instalações.



Figura 1 - Instalações Fotovoltaicas e Eólicas no Centro de Monitoramento. Fonte: (FORTES et al., 2014)

2.2 O Projeto de Geração Distribuída em Implantação

Este projeto ainda esta em implantação, mas vários sistemas testes já estão instalados e em avaliação. Relacionam-se na sequencia os sistemas operativos.

2.2.1 Centro de Monitoramento da AMPLA

Encontram-se instalados: a) Um sistema fotovoltaico de 5 kWp contendo: 20



Figura 2 - Instalações Fotovoltaicas no Clube de Tênis. Fonte: (FORTES et al., 2014)



Figura 3 – Instalações Fotovoltaicas no Restaurante. Fonte: Elaboração Própria



Figura 4 – Instalações Fotovoltaicas em uma Escola Municipal. Fonte: Elaboração Própria

2.2.3 APAE Búzios

Foi instalado na Associação dos Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE) de Búzios um sistema fotovoltaico de 5 kWp instalado no solo, contendo: 20 painéis policristalino de 245 Wp e um inversor de 5 kWp. A Figura 5 ilustra esta instalação.



Figura 5– Instalações Fotovoltaicas na APAE Búzios. Fonte: (FORTES et al., 2014)

2.2.4 Porto da Barra

Foram instalados na área do Porto da Barra três aerogeradores verticais de 2 kW cada, um retificador e um inversor. A Figura 6 ilustra uma destas instalações.



Figura 6 – Instalação de Gerador Eólica no Porto da Barra.
Fonte: Elaboração Própria

3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Entre os principais aspectos que impactam a implantação destas novas tecnologias na Cidade de Búzios, podem-se destacar: envolvimento da comunidade nas ações de divulgação do projeto, uso coletivo em parte da cidade do acesso livre a *internet*, monitoração e melhoria dos indicadores de disponibilidade das redes de distribuição de energia elétrica, divulgação de tecnologias de energia renováveis com o uso de painéis solares e mini aerogeradores em espaços de ampla circulação da população e eventos de divulgação como o Desafio Solar Brasil (competição com barcos movidos à energia solar).

Existem ainda ações de avaliação do projeto junto a população local com pesquisas de opinião e percepção das novas tecnologias. Os locais são escolhidos baseando-se em disponibilidade para implantação e conexão a rede, divulgação aos moradores do local. Cabe resaltar que existe um centro de monitoramento, que é um espaço aberto a sociedade local para conhecer os sistemas que estão sendo implantados, pequenas capacitações e demonstrações, como dos veículos elétricos (automóveis e bicicletas).

Acredita-se que o conhecimento adquirido neste projeto possa ser amplamente replicado a outras localidades e a construção da Memória Técnica (que esta em desenvolvimento pelo grupo de autores deste artigo), faz parte desta divulgação do projeto.

4 RESULTADOS

Este artigo apresentou as iniciativas da AMPLA na implantação de sistemas de geração distribuída dentro do Projeto Cidade Inteligente Búzios. Nesta etapa de projeto estão sendo exploradas as fontes de geração de energia solar e eólica. Foram escolhidos locais para instalação que possuam visibilidade para a comunidade local e motivem a população de uma forma geral a discutir a implantação de novas tecnologias de geração para atender pequenos consumidores.

O atendimento a escolas municipais e a APAE possui outro aspecto importante nestes modelos de projetos que é atender a estruturas de suporte à sociedade. Outras ações estão em estudo e/ou implantação dentro do projeto, como: Medição Inteligente de Energia, Iluminação Pública Eficiente, Sistema *Wi-Fi* abertos e disponíveis a comunidade, veículos elétricos, gestão de energia de edificações entre outros.

Percebe-se que quando se trata de desenvolvimento tecnológico é necessário o desenvolvimento de equipamento nacional para atender a demanda crescente que estes novos sistemas solicitarão ao mercado. Neste aspecto o projeto propicia a oportunidade de verificação do rendimento dos sistemas de alguns fornecedores e coleta de dados para definição de critérios para aplicação nos diferentes perfis de consumidores que estão em teste. Outro aspecto importante a se destacar neste modelo de projeto é a oportunidade dos centros de pesquisa desenvolverem modelos e produtos para aplicação em um “laboratório vivo”, visto que a implantação de projetos de sistemas inteligentes é uma realidade.

REFERENCIAS

ALMEIDA, R.P. **Suprimento Regional de Energia através da Geração Distribuída com Recursos Renováveis**. Itajubá, 2010, 174p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de Itajubá, 2010.

AOKI, A.R. et al. **Alocação de Geração Distribuída em Rede de Distribuição utilizando Algoritmos Genéticos Multiobjetivo**. In: XX Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, 2009, p. 407.

BAJAY,S.V. et al. **Perspectivas da Geração Distribuída de Eletricidade nos Estados de São Paulo, Bahia e Mato Grosso**. In: VI Congresso Internacional sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural, 2006.

BARBOSA, R. O. **Usina de Geração Distribuída de Energia Elétrica através da Incineração de Resíduos Sólidos com Operação Ihada**. Belém, 2011, 105 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Pará, 2011.

DIAS, M.V.X.; BORTONI, E.C.; HADDAD, J. Geração Distribuída no Brasil: Oportunidades e barreiras. **Revista Brasileira de Energia**, v. 11, 2005, p. 1-11.

FORTES,M.Z. et al. Smart City Búzios – **Experiência para a Expansão de Sistemas de Geração com Fontes Alternativas**. In: IX Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 2014.

FORTES, M.Z. et al. **Power Quality Analysis for DG in Smart City Búzios**. In: 23rd International Conference on Electricity Distribution – CIRED 2015, Paper 1582, 2015.

MABUB, M.O.A. et al. As implicações da Smart Grid no Cenário Energético Brasileiro. **Revista SODEBRAS**, v. 8, 2013, p. 80-88.

MELO, M.L.; LEITE, P.T. **Alocação de Unidades de Geração Distribuída na Rede Elétrica**. In: II Simpósio de Iniciação Científica da Universidade Federal do ABC, 2009.

MIRANDA, R.F.C. **Análise da Inserção de Geração Distribuída de Energia Solar Fotovoltaica no Setor Residencial Brasileiro**. Rio de Janeiro, 2013, 291p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

MORAES, D.C.; SANTOS, M.L.; BALDISSERA, L.B. **A Implementação da Geração de Energia Elétrica de forma Distribuída**

com vetor na busca pelo Desenvolvimento Sustentável. In: 2º Congresso Internacional de Direito e Contemporaneidade, 2013, p. 613-625.

RABELO, F.A.O.; SANTO, M.V.E.; LEITE, L.H.M.; SILVA, A.V. Viabilidade Técnica e Econômica de Geração Distribuída de Energia Elétrica. **Revista e-xacta**, v. 4, 2011, p. 55-72.

RODRIGUES, C.R.C. **Mecanismos Regulatórios, Tarifários e Econômicos na Geração Distribuída: O Caso de Sistemas Fotovoltaicos conectados à Rede**. Campinas, 2002, 118 p. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Universidade Estadual de Campinas, 2002.

VILACA, N.M.C.A.A. et al. Smart City – Caso de Implantação em Búzios – RJ, **Revista SODEBRAS**, v. 9, 2014, p. 16-22.