

ESTUDO DE CASO PARA IMPLANTAÇÃO DO *SMART GRID* NA TELEFONIA MÓVEL

CASE STUDY FOR IMPLANTATION OF THE *SMART GRID* INTO THE MOBILE TELEPHONY

Leonardo H. ALVARENGA¹; Jordan OLIVEIRA¹; Euzébio das Dores de SOUZA^{1, 2}; Esdras de Oliveira ELER^{1, 3}.

¹Centro Universitário de Belo Horizonte, Belo Horizonte – MG.

²Orientador.

³Coorientador.

Autores responsáveis: Leonardo H. Alvarenga Endereço: Rua Professor Aldo Zanini, n. 86, Bairro Cristais, Nova Lima – MG. CEP: 34.001-241, e-mail: <lhalvarenga@hotmail.com>.

Jordan Oliveira. Rua Maria Euzebia, 170, Bairro Nova Gameleira, Belo Horizonte – MG. CEP: 30.510-360, e-mail: <jordanroliveira@gmail.com>.

RESUMO

O estudo para implementação do *smart grid* na telefonia visa diminuir o custo da energia elétrica fornecida pela distribuidora de energia em regiões metropolitanas e rurais e as falhas no fornecimento de energia nas centrais de Estações Rádio Base (ERB), o que interrompe a comunicação com várias cidades e, conseqüentemente, gera transtorno ao usuário e prejuízo à empresa de telefonia. A solução em médio e longo prazo seria proporcionar a própria energia para o sistema por meio da instalação de módulos fotovoltaicos próximos às estações ERBs, respeitando-se as normas regulamentadoras para a execução da microgeração de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e a concessionária de energia. O objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade técnica da utilização de células fotovoltaicas na alimentação de energia elétrica das Estações Rádio Base. Nesse contexto, também será observada a possibilidade de diminuição do impacto ambiental, assunto este que está inserido em uma discussão mais ampla sobre preservação ambiental e sustentabilidade econômica. Dessa forma, este trabalho abordará o uso de um sistema eficaz e inteligente, chamado de *smart grid*, junto à capacidade de utilização de células fotovoltaicas na alimentação de ERB, discutindo-se os parâmetros para um projeto de geração e controle de energia e a necessidade de novos meios de geração de energia para sistemas de telefonia.

Palavras-chave: *Smart Grid*. Energias Renováveis. ERBs.

ABSTRACT

This study for implantation of the smart grid into the telephony aims to reduce the cost of electric power provided by the energy distributor in metropolitan and rural areas, besides the failures in the power supplying in the Base Radio Stations (ERB), which interrupts the communication with several cities and consequently causes disturbance to users and losses to the telephone company. The medium and long-term solution would be to provide its own energy for the system through the installation of photovoltaic modules near the ERB stations, according to the regulatory norms for the execution of microgeneration from the National Electric Energy Agency (ANEEL) and the energy concessionaire. This study intends to analyze the technical viability of the usage of photovoltaic cells in the electric power supply in the Base Radio Stations. In this context, the possibility of reducing environmental impact will be considered as well, since this subject is inserted in a wider discussion about environmental preservation and economic sustainability. Therefore, this study will approach the usage of an intelligent and effective system, named as smart grid, along with the capacity of using the photovoltaic cells in supplying for ERB. It will also discuss the parameters for an energy generation and control project and the necessity of new ways of energy generation for telephony systems.

Keywords: Smart Grid. Renewable Energies. ERBs.

1. Introdução

A grande demanda por energia elétrica atrelada aos elevados custos provenientes de sua obtenção oportunizam o estudo de alternativas para o incremento da matriz energética brasileira.

Dessa forma, o presente trabalho se propõe a analisar o uso de energia solar quando na alimentação de Estação Rádio Base (ERB) de sistema de telefonia celular. Há também proposta de implementação de uma rede inteligente (*Smart Grid*) em operação conjunta com a ERB, para supervisão e controle, a fim de minimizar o tempo de restabelecimento em caso de falha.

O processo atual de restabelecimento da energia elétrica requer percepção da falta, reclamação imediata à concessionária para a espera de envio de equipe ao local para reparo. A *Smart Grid*, a partir de ajustes preestabelecidos, monitora e corrige distorções em tempo real e de maneira autônoma. Essas ações fazem diminuir as perdas inerentes aos processos de transmissão e distribuição de energia e auxiliam no restabelecimento mais ágil a partir da informação de falha por meio de alarme imediato.

A demanda crescente por aparelhos celulares e respectivas linhas preconiza a necessidade de estudos no setor, para que se possa regular o uso e atender os consumidores sem comprometer a qualidade do serviço. Faz-se necessário o aumento da quantidade de ERBs, uma vez que a cobertura e a demanda de atendimento dos usuários crescem constante e acentuadamente.

A ERB está conectada a uma Central de Comutação e Controle que tem interconexão com o serviço telefônico fixo comutado e a outras centrais de comutação de controles, permitindo chamadas entre os terminais celulares e entre eles e os telefones fixos comuns.

Na arquitetura de alguns sistemas celulares existe a figura do *Base Station Controller*, que agrupa um conjunto de ERBs antes da sua conexão com a central de comutação e controle.

Uma ERB típica é composta pelos seguintes elementos:

- Local onde será implantada.
- Infraestrutura para a instalação dos equipamentos de telecomunicação, incluindo a parte civil,

elétrica, climática e de energia de corrente contínua com autonomia, caso falte energia por meio de baterias, e, em alguns casos, Grupo Motogerador.

- Torre para colocação de antenas para comunicação com os terminais móveis e enlace de rádio para a central de comutação e controle (ALVES, 2013).

São equipamentos de telecomunicação os itens a seguir:

- Node-B: elemento responsável pela implementação da interface aérea de comunicação com as unidades móveis em uma rede UMTS (3G), visto que contém transmissores e receptores que possibilitam essa comunicação. A Node-B realiza os procedimentos da camada física, convertendo o fluxo de dados entre as interfaces Iub e Uu, além de participar do gerenciamento dos recursos de rádio (SILVA, 2009).
- RRU (*Remote Radio Unit*): pode ficar em cima ou embaixo da torre. Cada RRU é uma portadora, ou seja, uma capacidade virtual de até 14.4 Mbps de velocidade em frequência por área. Há outros, como o *backhaul* etc.
- Cada torre de celular tem, via de regra, três RRUs, uma para cada setor, em cada lado da torre (FARIA, 2012).
- Rádio TX: é responsável pelo tráfego de dados da ERB até a sua respectiva central.

Basicamente temos dois tipos de ERBs, comumente chamadas de:

- *Greenfield*: instalada em terrenos, ou seja, no solo.
- *Roof Top*: instalada em pavimentos de cobertura de edifícios.

Ambos os tipos de ERBs podem utilizar equipamento de telecomunicação *indoor* dentro de compartimentos, cujas características de fabricação determinam a necessidade de uma infraestrutura de climatização, bem como equipamento *outdoor* fora de compartimentos, que são unidades autônomas, previamente concebidas para exposição ao ar livre e dimensionadas para obter ventilação apropriada, conforme a Figura 1 a seguir.



Figura 1 Estação ERB Outdoor e Roof Top.

Fonte: Henriques e Martins (2009, s/p).

2. Problemas de pesquisa

Em razão do alto custo de energia elétrica e do atraso na detecção de falha elétrica em regiões distantes (zona rural), por que não utilizar fontes alternativas e um sistema inteligente *Smart Grid* para a detecção de tais falhas?

2.1 Contextualização do problema

O questionamento que faz referência à disponibilidade de energia no Brasil e no mundo está relacionado ao meio ambiente e à disponibilidade econômica de financiamento e investimento no setor.

Com base nessa diretriz, é possível destacar vários órgãos que controlam o setor, como o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), por meio da Resolução n. 237/97, de 19 de dezembro de 1997, que estabelece uma padronização nacional no que se refere aos procedimentos de licenciamento ambiental (plano executivo ambiental) (BRASIL, 1997).

Enfim, propor o uso racional de energia, utilizando fontes alternativas a fim de se minimizarem impactos, sejam eles na área social, econômica ou ambiental.

Em razão de problemas quanto à produção e à distribuição de energia, verifica-se a necessidade de produção de energia própria para suprir a falta de energia elétrica pela concessionária em regiões de difícil acesso. Quando falta energia elétrica pela concessionária, o sistema de telefonia (ERBs) é suprido com o sistema de banco de baterias com uma duração de aproximadamente 4 horas, quando a bateria do sistema é nova.

O período de vida útil das baterias é curto, em consequência, a sua autonomia vai caindo, reduzindo o tempo de operação das ERBs em falhas ou ausência de energia AC (corrente alternada), o que impossibilita o uso do serviço. Isso gera transtorno aos clientes e prejuízo financeiro à empresa. Além de problemas de manutenção das baterias, há questões referentes ao vandalismo. No

estudo de caso do problema, é proposta a construção do sistema fotovoltaico para suprir o problema de falta de energia de forma inteligente.

3. Objetivo

3.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar a viabilidade técnica da utilização de células fotovoltaicas na alimentação de energia elétrica das Estações Rádio Base, minimizando, assim, impactos ambientais, e inserindo-se em uma discussão mais ampla sobre preservação ambiental e sustentabilidade econômica, tudo isso aliado a um sistema eficaz e inteligente chamado de *Smart Grid*.

Dessa forma, visa identificar a capacidade de utilização de células fotovoltaicas na alimentação de ERB com o intuito de gerar economia financeira em relação ao uso de energia elétrica proveniente das concessionárias de energia e abrir uma alternativa de alimentação elétrica de mínimo impacto ambiental e alta confiabilidade; e analisar os parâmetros de um projeto de geração e o controle de energia (*Smart Grid*), trazendo em pauta a necessidade de novos meios de geração de energia para sistemas de telefonia.

3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- estudar a demanda de energia das ERBs;
- identificar os aspectos ambientais e classificação dos respectivos impactos inerentes às atividades;
- identificar as células fotovoltaicas;
- conhecer os equipamentos, suas ligações e seu modo de utilização;
- evidenciar os parâmetros e as normas da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e da concessionária local (CEMIG) a respeito da geração renovável e do gerenciamento de energia,

Smart Grid, evidenciando dados da nova tecnologia.

4. Justificativa

Este estudo se justifica pelos seguintes motivos:

- com o aumento do risco da crise energética que assombra o país em razão da escassez de chuvas, além de descentralizar a geração de energia elétrica, será necessário gerar energia renovável;
- em 2012, foi publicada a Resolução n. 482 da ANEEL a fim de melhorar o setor energético com definições técnicas, tornando possível gerar e fornecer energia elétrica por meio da micro e da minigeração (BRASIL, 2012).

Contudo, atualmente, esses métodos ainda são pouco conhecidos e explorados no Brasil.

5. Recursos energéticos renováveis

Chama-se de recurso energético renovável quando não é possível estabelecer um fim temporal para sua utilização, não acaba nem polui o ambiente, porém são limitadas em termos de quantidade de energia que é possível extrair. Como exemplo, é possível citar a energia eólica, fotovoltaica, entre outras.

5.1 Energia solar

O sol, cujas radiações definem o meio ambiente no qual o ser humano, como uma espécie, evoluiu, é fonte predominante de ondas eletromagnéticas. Sendo a estrela mais próxima da Terra, constitui a principal fonte de energia do planeta. Sua fonte de energia está associada à fusão termonuclear de átomos de hidrogênio para hélio. Nesse processo, são emitidos fótons altamente energéticos, de forma que a transferência de energia da parte mais interna até a superfície é realizada basicamente por meio de radiação eletromagnética (LIU, 1980).

A eletricidade solar, tradicionalmente chamada de energia fotovoltaica, é uma fonte limpa de energia que tem potencial para contribuir com o desenvolvimento ambientalmente sustentável (LORA; HADDAD, 2006).

Uma das utilizações da luz solar é para a produção de energia elétrica, a qual é chamada de solar fotovoltaica. Ela é produzida pela conversão da luz solar em energia elétrica por meio do uso de módulos ou painéis fotovoltaicos que são interligados entre si.

5.2 Radiação

O processo mais importante de transferência de energia na atmosfera ocorre por meio da radiação eletromagnética. Um raio luminoso é uma onda progressiva de campos elétricos e magnéticos (uma onda eletromagnética). Apesar da variabilidade do espectro eletromagnético em relação às suas propriedades e fontes, as radiações mantêm características em comum, podendo ser descritas como resultado da combinação de um campo elétrico e de um campo magnético que se propagam no vácuo à velocidade da luz (HALLIDAY; RESNICK, 2009).

Os mesmos autores afirmam que, em meados do século XIX, a luz visível e os raios infravermelho e ultravioleta eram as únicas ondas eletromagnéticas conhecidas. Inspirado pelas previsões teóricas de Maxwell, Heinrich Hertz descobriu as chamadas de ondas de rádio e observou que essas ondas se propagam com a mesma velocidade que a luz visível. Hoje é conhecido um largo espectro de ondas.

5.3 Distribuição da radiação solar

Em razão da grande distância entre o Sol e a Terra, diz-se que a radiação solar é colimada, ocupando um campo de visão limitada, denominado “disco solar aparente”. A quantidade de radiação solar depende da posição do disco solar no céu, isto é, depende de variáveis associadas à órbita da Terra ao redor do Sol. Para se conhecer tal posição, utiliza-se o sistema de coordenadas terrestres, denominado Sistema Geográfico, o qual tem como coordenadas a latitude (ϕ) e a longitude (λ), ambas utilizadas para localizar pontos na superfície terrestre. A latitude é computada a partir do Equador até o paralelo de interesse e varia de -90° a $+90^\circ$, sendo positivo no hemisfério norte. A longitude é computada a partir do Meridiano de Greenwich até o meridiano de interesse e varia de -180° a $+180^\circ$, sendo negativo a oeste de Greenwich (BISCARO, 2007; SANTOS; PEREIRA JUNIOR; SANTOS, 2013).

Grande parte do território brasileiro está localizado relativamente próximo à linha do Equador, de forma que não se observam grandes variações na duração solar do dia. Porém, a maioria da população brasileira e das atividades socioeconômicas do país está localizada em regiões mais distantes do Equador. Desse modo, para maximizar o aproveitamento da radiação solar, deve-se ajustar a posição do coletor ou painel solar de acordo com a latitude local e o período do ano em que se requer mais energia. A Figura 2 a seguir ilustra o mapa de radiação solar brasileiro.

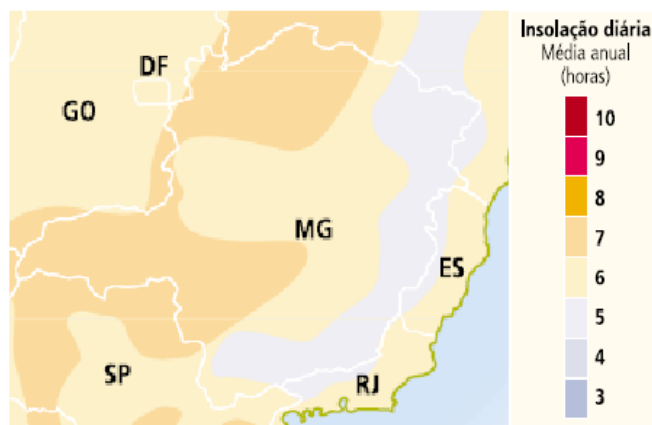


Figura 2 Mapa da radiação solar em Minas Gerais.
Fonte: Adaptado de ANEEL (s/d, s/p).

5.4 Efeito fotovoltaico

O efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez em 1839 por Edmond Becquerel, que verificou que placas metálicas, de platina ou prata, mergulhadas em um eletrólito, produziam uma pequena diferença de potencial quando expostas à luz (BRITO; VALLÊRA, 2006).

Os mesmos autores afirmam que, em 1877, dois inventores norte-americanos, W. G. Adams e R. E. Day, utilizaram as propriedades fotocondutores do selênio para desenvolver o primeiro dispositivo sólido de produção de eletricidade por exposição à luz. Esse dispositivo tinha eficiência de aproximadamente 0,5%. A história da energia fotovoltaica teve de esperar os grandes desenvolvimentos científicos da primeira metade do século XX, como a explicação do efeito fotovoltaico por Albert Einstein em 1905, o advento da mecânica quântica e, em particular, a Teoria de Bandas, a física dos semicondutores e as técnicas de purificação e dopagem associadas ao desenvolvimento do transistor de silício.

Os autores também afirmam que a história da primeira célula solar começou em março de 1953, quando Calvin Fuller, um químico da *Bell*

Laboratories (Bell Labs), em Murray Hill, Nova Jersey, nos Estados Unidos, desenvolveu um processo de difusão para introduzir impurezas em cristais de silício, de modo a controlar as suas propriedades elétricas (um processo chamado dopagem).

Fuller produziu uma barra de silício dopado com uma pequena concentração de gálio, tornando-o condutor, sendo as cargas positivas, e, por isso, é chamado silício do tipo p. Seguindo as instruções de Fuller, o físico Gerald Person, seu colega na *Bell Labs*, mergulhou esta barra de silício dopado em um banho quente de lítio, criando na superfície da barra uma zona com excesso de elétrons livres, portadores com carga negativa, e, por isso, chamado silício do tipo n.

Na região em que o silício tipo n fica em contato com o silício tipo p (junção p-n), surge um campo elétrico permanente. Pearson verificou que produzia uma corrente elétrica quando a amostra era exposta à luz. Pearson tinha acabado de fazer a primeira célula solar de silício, conforme demonstra a Figura 3 a seguir.

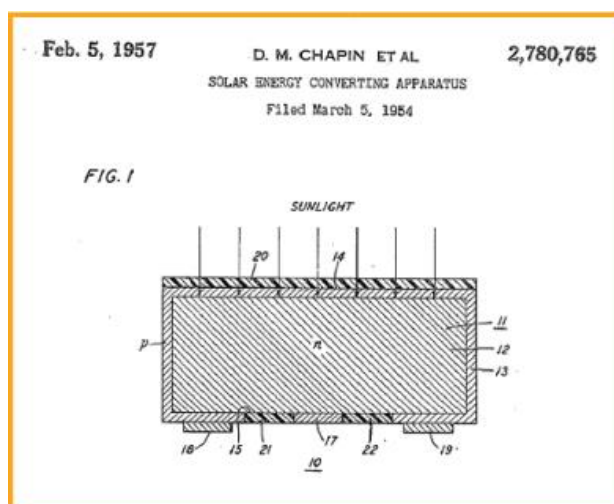


Figura 3 Célula solar de silício.

Fonte: CRESESB (2004, s/p).

5.5 Sistema fotovoltaico

O Sol fornece energia na forma de radiação e calor. O sistema fotovoltaico, por meio de um gerador, converte radiação em energia elétrica (BARROS, 2011).

O gerador é composto basicamente por um conjunto de módulos fotovoltaicos e respectivos suportes, que podem ser instalados sobre telhados, terraços ou em locais não sombreados, e por um conversor eletrônico (inversor). A energia elétrica gerada pelos módulos fotovoltaicos em corrente contínua (CC) é convertida em corrente alternada (CA) por meio do inversor e injetada diretamente na rede elétrica de baixa tensão do consumidor. Para que as células fotovoltaicas possam ser utilizadas em sistemas fotovoltaicos, sendo necessários pelo menos dezenas de watts, torna-se necessário associá-las. Podem ser agrupadas em série e/ou em paralelo, dependendo da característica elétrica requerida (RÜTHER, 2004).

O mesmo autor afirma que as vantagens de se utilizarem estes geradores são a alta confiabilidade e a fácil portabilidade. Os módulos permitem montagens simples, adaptáveis a várias necessidades energéticas, o custo de operação e

manutenção é reduzido e há evidente ganho ecológico quanto ao seu uso. Sistemas fotovoltaicos, para operarem conectados à rede, são compostos por módulos, inversores, dispositivos de proteção, sistema de fixação e suporte dos módulos e cabos.

Vantagens:

- Não polui durante seu uso.
- Manutenção mínima em suas centrais.

Desvantagens:

- Altos preços das placas fotovoltaicas.
- Formas de armazenamento pouco eficientes.
- Produz apenas quando possui intensidade solar alta.

A fonte solar fotovoltaica é uma tecnologia de energia descentralizada, modular, silenciosa, limpa e renovável.

Em qualquer instalação fotovoltaica, o módulo solar fotovoltaico é a célula básica do sistema gerador. A corrente CC do gerador solar é definida pela conexão em paralelo de painéis individuais ou de *strings* (conjunto de módulos conectados em série), conforme apresenta a Figura 4 a seguir. A potência total é dada pela soma da potência nominal de cada módulo (RÜTHER, 2004).

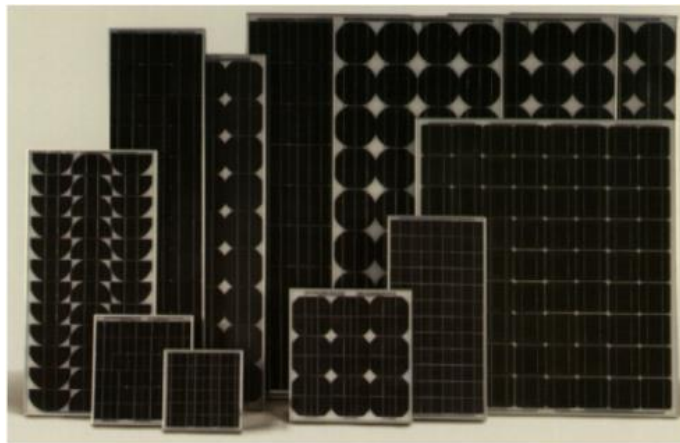


Figura 4 Exemplos de módulos fotovoltaicos.

Fonte: Rütther (2004, p. 22).

Conforme fonte do *site* da CEMIG, revisado no dia 31 de maio 2015, sua aplicação, no passado, esteve voltada apenas para o carregamento de baterias em regiões sem acesso à rede de distribuição. Entre 2006 e 2010, a taxa de crescimento da energia solar-FV foi de 49%, enquanto as demais fontes renováveis cresceram em média 15%

Em 2010, o crescimento foi um pouco menos que 72%, com mais de 100 países fazendo uso dessa fonte. A principal vantagem da tecnologia solar fotovoltaica é sua característica modular e de fácil instalação, por isso o mercado fotovoltaico é dominado por consumidores residenciais e comerciais, principalmente em países que possuem incentivos financeiros. Esses incentivos devem ser planejados com cautela, vislumbrando sua redução progressiva, para que o mercado fotovoltaico seja sustentável. Por conta da redução no preço dos sistemas fotovoltaicos, em torno de 30%, e da expansão do uso residencial, houve um aumento excessivo do déficit causado pela remuneração da produção por essa fonte, obrigando a revisão das tarifas *feed-in*.

6. Requisitos técnicos para conexão de sistemas fotovoltaicos à rede elétrica

Além de autorização, é necessária uma análise dos requisitos técnicos estabelecidos pela concessionária para a instalação desse tipo de sistema. Normalmente, o armazenamento de energia nos sistemas fotovoltaicos autônomos é assegurado por baterias e, recentemente, diante da Resolução n. 482 da ANEEL, é possível injetar este excedente de

energia diretamente na rede pública em regime de compensação. O seu dimensionamento é essencial para o bom funcionamento do sistema. O armazenamento ou a compensação de energia representa entre 13 e 15% do investimento inicial, considerando uma duração de vida de 20 anos (RÜTHER, 2004).

A conexão do gerador com a rede se faz por meio da utilização de um inversor (*grid tie*), o qual deve atender aos requisitos estabelecidos nas normas ABNT NBR 16.149, ABNT NBR 16.150 e NBR/IEC 62.116 Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição. Somente são aceitos inversores com certificação do INMETRO ou de outro órgão reconhecido pelo INMETRO (ND 5.30 CEMIG, 2012).

7. Rede Inteligente (*Smart Grid*)

As redes inteligentes de energia (*Smart Grid*) são uma nova arquitetura de distribuição de energia elétrica. Mais segura e inteligente, integra e possibilita ações de todos os usuários conectados, melhorando a eficiência, a confiabilidade, a economia e a sustentabilidade dos serviços de eletricidade.

Nesse conceito, o fluxo de energia elétrica e informações se dão de forma bidirecional. Assim, a energia tradicionalmente gerada, transmitida e distribuída de forma radial a partir de instalações das concessionárias, também pode ser gerada e integrada às redes elétricas a partir de unidades consumidoras, conforme demonstra a Figura 5 a seguir. A Figura 6 apresenta uma visão de futuro do que será uma rede inteligente.

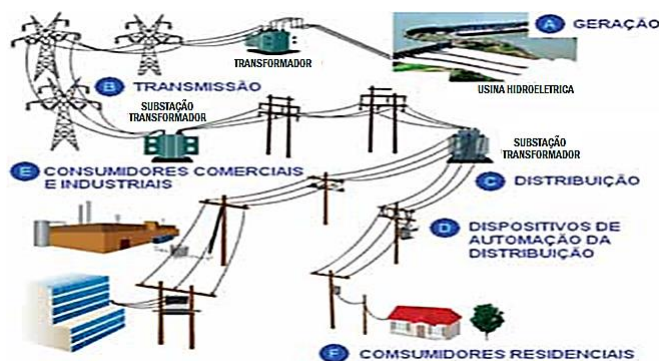


Figura 5 Sistema elétrico convencional.

Fonte: Alcântara (2011, s/p).

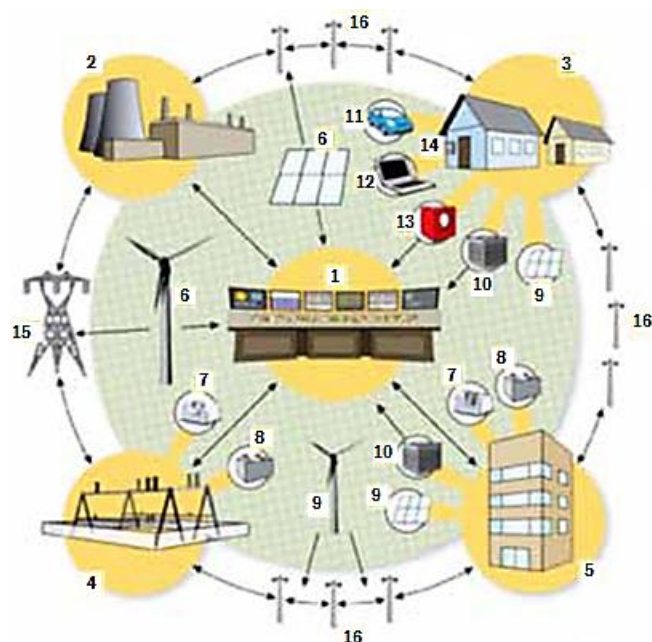


Figura 6 Visão conceitual de rede inteligente.

Fonte: Alcântara (2011, s/p).

7.1 Automação e medição inteligente

A modernização das redes de distribuição de energia elétrica tem ocorrido em diversos países desde a década de 1980, especialmente com a troca de medidores eletromecânicos por eletrônicos.

Esta é uma condição necessária, mas não suficiente para a medição inteligente.

A medição avançada refere-se a um sistema que compreende medidores digitais com capacidade de processamento, armazenamento e comunicação, infraestrutura para comunicação bidirecional e *software* de aplicação que permite a aquisição automática de dados em intervalos de tempo configuráveis, envio de dados (comando e controle) remotamente para o medidor e sistema de gerenciamento, oferecendo recursos, tais como gerenciamento de ativos, informação de segurança e análise de dados. Neste sentido, o medidor tornou-se

um nó computacional (entidade) e, portanto, inteligente.

Muitas vezes a medição inteligente é considerada como sendo a própria Rede Elétrica Inteligente, mas é apenas uma das etapas para se atingir o conceito completo.

Com a comunicação bidirecional entre consumidores e a concessionária de energia elétrica, espera-se propiciar a informação automática da falta de energia, proporcionar a conexão e desconexão da energia fornecida pela concessionária e fornecida pelo sistema fotovoltaico, detectar faltas, despachar equipes de manutenção de forma mais rápida, além de detectar e impedir o furto de energia.

A automação de equipamentos, que será capaz de decidir quando consumir energia elétrica com base no conjunto de preferências dos clientes, poderá reduzir o pico de carga. Isso deve causar

impacto sobre os custos de geração de energia, postergando a necessidade de construção de novas usinas de energia.

As informações do medidor inteligente permitem que o usuário final, de forma interativa e em tempo real, reduza o consumo de energia elétrica durante os períodos de maior custo da geração. O consumidor é capaz de deslocar a demanda para um período em que o preço da energia será menor.

Com tarifa diferenciada, os preços da energia elétrica podem variar segundo o horário, o dia da semana e a estação do ano. Como sugere Leão et al. (2011), em termos da gestão da demanda, deve-se adicionar algum nível de inteligência às cargas.

Os sistemas de medição líquida e de faturamento líquido são políticas para consumidores que possuem instalações de geração renovável de pequeno porte como o fotovoltaico. No sistema de medição líquida, o proprietário recebe crédito pela energia gerada não consumida. Na verdade, a medição líquida permite ao consumidor usar a rede elétrica como sistema de armazenamento de energia.

O sistema de faturamento líquido é um processo de medição que a eletricidade consumida da rede e a eletricidade injetada na rede são medidas separadamente, e a eletricidade injetada na rede é avaliada a determinado preço.

8. Estações Rádio Base (ERB)

Acompanhando a dinâmica do desenvolvimento tecnológico, a telefonia celular teve um crescimento acelerado na última década. Mesmo aqueles que ainda relutam em adquirir seu aparelho celular estão cercados por ERBs (estações rádio base) que podem estar instaladas no topo do próprio

edifício onde residem ou mesmo no terreno ao lado. O convívio com os sistemas de telefonia celular é inevitável e atinge a todos os indivíduos indistintamente.

A telefonia celular é um sistema de transmissão que envolve a rádio escuta e a rádio transmissão, constituindo-se do conjunto de antenas fixas (que podem estar instaladas em topos de edificações, torres ou postes) e dos telefones móveis. Esse conjunto de antenas (transmissoras e receptoras) interligado aos equipamentos por meio de cabos coaxiais constitui uma célula.

Conforme a legislação brasileira, a Anatel, para estabelecer os limites de exposição humana a campos elétricos na faixa de 9kHz a 300GHz, adotou os mesmos níveis de exposição adotados pelo ICNIRP (Comissão Internacional sobre Proteção à Radiação não Ionizante).

Por meio da Lei n. 9.891, de 26 de outubro de 1998, a cidade de Campinas foi pioneira em criar uma legislação própria para o seu município, fixando o limite de 100 mW/cm² (cem microwatts por centímetro quadrado) para qualquer lugar passível de ocupação humana (DODE; LEÃO, 2004).

Esse limite fixado para o município de Campinas é quatro vezes mais restritivo que o limite sugerido pelo ICNIRP e recomendado pela Anatel. Posteriormente, tal lei foi aperfeiçoada pela Lei n. 11.024, de 9 de novembro de 2001, na qual são previstas medições regulares das potências emitidas pelas ERBs.

A Figura 1 a seguir mostra a quantidade de antenas ERB no território mineiro, conforme *site* da Telebrasil.

Tabela 1 Quantidade de ERB em Minas Gerais.

Prestadoras	Antenas	Participação
✓ CLARO	1505	18,91%
✓ CTBC	0	0,00%
✓ NEXTEL	269	3,38%
✓ OI	1623	20,39%
✓ Sercomtel	0	0,00%
✓ TIM	1548	19,45%
✓ VIVO	2817	31,63%
✓ AEIOU	0	0,00%
Total de Antenas	7958	100%

Fonte: TELEBRASIL (2015, s/p).

8.1 Consumo de uma Estações Rádio Base (ERB)

O consumo de uma ERB varia de acordo com a intensidade de sinal e, principalmente, com o consumo do ar-condicionado que, por sua vez, varia com a temperatura e o período do dia, ou seja, quanto mais ligações de celular ocorrer ao mesmo tempo, maior será o consumo de energia, e quanto mais

quente a temperatura, maior será o consumo do ar-condicionado.

Atualmente, para as ERBs implantadas em áreas rurais, é instalada uma Node-B para atender três setores. A Tabela 2 a seguir apresenta o consumo desses equipamentos, e a Figura 7, uma Estação Rádio Base utilizada em zona rural.

Tabela 2 Consumo dos equipamentos.

CONSUMO DOS EQUIPAMENTOS	
Configuração	Consumo (A)
Da 1º até a 3º RRU	15

Fonte: TELEBRASIL (2015, s/p).



Figura 7 Sistema de ERB em Minas Gerais - zona rural.

Fonte: TELEBRASIL (s/d, s/p).

8.2 Instalação da energia fotovoltaica na ERB

O sistema fotovoltaico é um conjunto de equipamentos construídos e integrados para transformar a energia solar em energia elétrica, armazenar a energia gerada e fornecer ou utilizar a

energia armazenada. Esse sistema consiste basicamente em quatro equipamentos principais: módulos de células fotovoltaicas, controlador de carga da bateria, banco de baterias e inversor de corrente, conforme apresenta a Figura 8 a seguir.

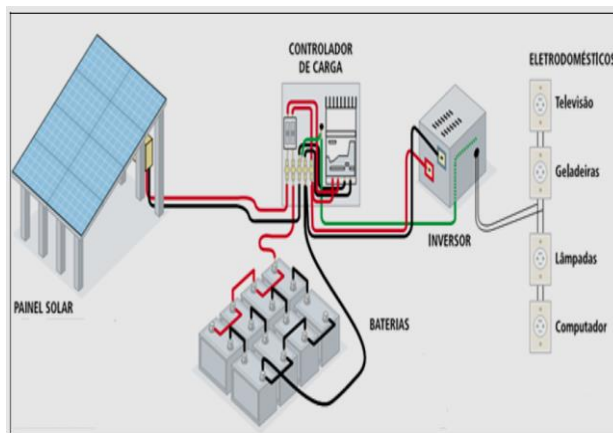


Figura 8 Sistema de geração fotovoltaico.

Fonte: S4 Solar do Brasil (s/d, s/p).

A instalação desse sistema exige grande investimento; no entanto, os equipamentos apresentam baixo custo de manutenção, pois eles se conservam, não exigindo trocas.

No Vales do Jequitinhonha e Mucuri, onde o índice de radiação solar global diária está compreendido entre 14 MJ/m².dia à 16 MJ/m².dia, os custos iniciais serão compensados pela economia nos gastos com eletricidade, a médio e longo prazo, conforme apresenta a Figura 9.

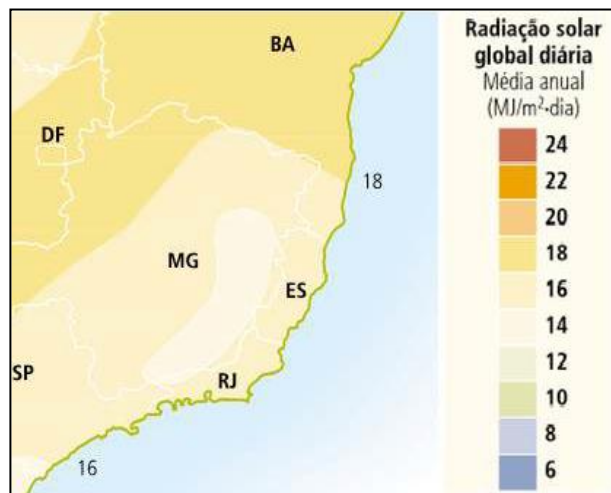


Figura 9 Radiação solar global diária regional – Média anual em MJ/m².dia.
Fonte: Petzold, Ramalho e Gomes (2011).

Com a potência da ERB estimada em 2KW (dois mil watts), será necessária à quantidade o número mínimo de XXX de placa fotovoltaicas para a geração de energia elétrica para a sustentação do sistema.

O armazenamento da energia elétrica contínua gerada pelos módulos é, normalmente, realizado por meio de acumuladores elétricos ou baterias. Nesses equipamentos, a energia elétrica é armazenada sob a forma de energia química.

Quando se necessita dessa energia armazenada, esta é novamente convertida em energia elétrica contínua. Cada bateria é composta por um conjunto de células eletroquímicas. A tensão elétrica da bateria é função do número de células ligadas em série.

Existem baterias especificamente projetadas para sistemas fotovoltaicos que levam em conta as características próprias desse tipo de aplicação. As baterias mais utilizadas no Brasil em sistemas fotovoltaicos isolados são as de chumbo-ácido do tipo automotivo, mas modificadas para trabalhar em regime estacionário com descargas profundas eventuais. São baterias com uma boa relação custo-benefício.

Deve ser evitado o uso de baterias automotivas comuns, utilizadas em veículos, que

têm uma vida útil menor quando instaladas em sistemas fotovoltaicos. Podem também ser usadas baterias do tipo OPzS ou OPzV e outras baterias mais caras de acordo com as características da aplicação.

Uma bateria típica utilizada em sistemas fotovoltaicos tem uma capacidade nominal de descarga de 220 Ah em 20 horas - referência a 25°C. Isso significa que se pode tirar dessa bateria, quando totalmente carregada, 11 A durante 20 horas.

Entretanto, à medida que a descarga for mais rápida ou mais lenta do que o especificado, a capacidade da bateria será ligeiramente diminuída ou aumentada. Esta mesma bateria, quando carregada, tem uma capacidade de 200 Ah, quando descarregada, em 10 horas, de 20 A, mas uma capacidade de 240 Ah quando descarregada em 100 horas (2,4 A).

9. Conclusão

A busca por alternativas viáveis de geração de energia elétrica, de modo a retirar a centralização das hidrelétricas e dando maior autonomia aos consumidores e, tudo isso, sem causar danos ao meio ambiente, que é um dos maiores objetivos a ser alcançados nos dias de hoje. Dentro da telefonia, esta busca vai além, a falta de energia para a rede celular,

pode deixar municípios, distritos, bairros sem o sinal, acarretando frustração dos clientes e prejuízos financeiros para as operadoras de telefonia. Para isso, buscam-se novas tecnologias de melhor aproveitamento energético das fontes naturais fornecedoras. Logo, a implantação de um sistema de energia solar é uma das muitas opções que, além de ser bastante viável, tem tudo para virar tendência e se popularizar. Por isso, há uma proposta mundial de criação de uma rede de energia inteligente, também conhecida como *Smart Grid*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, M. V. P. **O Setor Elétrico**, Campinas, ano 6, n. 66, jul. 2011.

ALVES, A. C. C. **Análise de atendimento da NR10 em um projeto para uma estação rádio base de telefonia celular**. Disponível em: <://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1326/1/CT_CEEST_XXIV_2013_03.pdf>. Acesso em: 10 de maio 2015.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). s/d. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/energia_solar/3_2.htm>. Acesso em: 22 out. 2015.

BARROS, H. A. **Anteprojeto de um sistema de 12KWp conectado à rede**. Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2011.

BISCARO, G. A. **Meteorologia Agrícola Básica**. Cassilândia/MS: UNIGRAF, 2007.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n. 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, 22 dez. 1997. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237>. Acesso em: 22 out. 2017.

_____. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa n. 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras

providências. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, 17 abr, 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 22 out. 2017.

BRITO, M. C.; VALLÊRA, A. Meio século de história fotovoltaica. **Gazeta de Física**, Sociedade Portuguesa de Física, 2006.

CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. *Sobre Alternativas energéticas – Energia Solar*. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/inovacao/Alternativas_Energéticas/Paginas/energia_solar.aspx>. Acesso em: 21 out. 2015.

_____. **Alternativas energéticas: uma visão CEMIG**. Belo Horizonte: CEMIG, 2012. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/inovacao/Alternativas_Energéticas/Documents/Alternativas%20Energ%C3%A9ticas%20-%20Uma%20Visao%20Cemig.pdf>. Acesso em: 21 out. 2017.

_____. **Manual de Distribuição - ND 5.30: Requisitos para a conexão de Acessantes ao Sistema de Distribuição Cemig. Conexão em Baixa Tensão**. Belo Horizonte: Cemig, 2012.

CRESESB. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Grupo de Trabalho de Energia Solar. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CRESESB, 2004. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2004.pdf>. Acesso em: 21 out. 2017.

_____. **Sobre Sistema de Geração Fotovoltaico**, 2000. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/Publicacoes/download/Info7_pag1-20.PDF>. Acesso em: 15 de mai. 2015.

DODE, A. C.; LEÃO, M. D. Poluição Ambiental e Exposição Humana a Campos Eletromagnéticos: ênfase nas Estações Rádio-base de Telefonia Celular. **Caderno Jurídico**, São Paulo, v 6, n. 2, p.127-129, abr./jun. 2004.

FARIA, G. **O que é uma portadora (RRU)**. 2012. Disponível em: <https://cocatech.com.br/o-que-e-uma-portadora-rru>. Acesso em: 15 de maio 2015.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Fundamentos de Física: óptica e física moderna**. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v. 4.

HENRIQUES, A. M. J.; MARTINS, V. A. **Implantação de Estações Rádio Base (ERBs)**. Teleco, 2009. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/pdfs/tutorialerb.pdf>>.

LEÃO, R. P. S. et al. The future of low voltage network: moving from passive to active. **International Journal of Electrical Power & Energy Systems**, v. 33, n. 8, p. 1506-1512, out. 2011.

LIU, K. N. **An Introduction to atmospheric radiation**. Oxford Univ. Academic Press, 1980.

LORA, E. E. S.; HADDAD, J. **Geração Distribuída** – Aspectos tecnológicos, ambientais e institucionais. Rio de Janeiro: Interciência, 2006.

PETZOLD, A. S.; RAMALHO, A. M.; GOMES, A. J. L. Radiação solar nos Vales do Jequitinhonha e Mucuri para o aproveitamento de energia solar. In: WORKSHOP DE PESQUISA E INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 1., 2011, Teófilo Otoni. **Anais...** Teófilo Otoni: [s.n.], 2011.

RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. Florianópolis: LABSOLAR, 2004.

S4 Solar do Brasil. **Sistemas Fotovoltaicos**. s/d. Disponível em: <<http://s4solar.com.br/energia-solar/sistemas-fotovoltaicos/>>. Disponível em: 22 out. 2017.

SANTOS, L. P. dos; PEREIRA JUNIOR, R. H.; SANTOS, V. C. L. **Geração distribuição: Sistema de cogeração fotovoltaico conectado à rede elétrica de baixa tensão**. 2013. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_9.pdf>. Acesso em: 15 de maio 2015.

SILVA, M. O que é Node-B? **Drive Test BR**, 2009.

TELEBRASIL. Associação Brasileira de Telecomunicação. 2015. Disponível em: <<http://telecocare.teleco.cl9.com.br/telebrasil/erbs/>>. Acesso em: 22 out. 2017.

_____. **Mapa de ERBs Brasil** (antenas). Disponível em: <<http://www.telebrasil.org.br/panorama-do-setor/mapa-de-erbs-antenas/>>. Acesso em: 23 out. 2017.