

GERENCIAMENTO INTELIGENTE DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CORPORATIVOS COM CONTROLE DE DEMANDA

Alisson Marcelo – alisson@cp.com.br

CP Eletrônica S.A., Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento
Instituto de Informática, UFRGS

Guilherme Bonan – bonan@cp.com.br

CP Eletrônica S.A., Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento
Grupo de Automação e Controle, PUCRS

Resumo. Com o aumento na demanda de energia, impulsionado pelo crescimento econômico e também pelo desenvolvimento social e elevação no padrão da qualidade de vida da população em geral, um aumento na geração de energia se faz necessário. Porém, esse aumento de produção não deve ser obtido ao custo da degradação do meio ambiente, utilizando, por exemplo, combustíveis fósseis em usinas termoeletricas ou grandes sistemas hidráulicos de geração. Alternativas mais racionais já estão disponíveis, através do uso de fontes renováveis de energia, sendo também viáveis economicamente. Porém, é necessário que a fonte primária seja cuidadosamente definida e também que o sistema possa extrair o máximo de energia disponível e, caso haja excedente, possa armazená-lo para que o seu aproveitamento seja realizado no momento mais adequado.

Toda essa estrutura de geração e armazenamento de energia necessita de um sistema de gerenciamento capaz de analisar os diversos cenários de geração, consumo e o custo das tarifas de forma a obter o máximo aproveitamento do sistema, otimizando o retorno financeiro do investimento realizado. Todo esse gerenciamento pode ser realizado através de uma rede de dados padrão TCP/IP com a utilização de web services. Essa estrutura permite que todos os equipamentos sejam gerenciados da mesma forma, independente de serem geradores ou consumidores, e também que sejam autodetectados na rede, permitindo que o gerenciamento se adapte dinamicamente às novas necessidades de energia ou economia. Nesse artigo será apresentada a proposta de uma arquitetura, capaz de obter as informações necessárias dos equipamentos envolvidos em um sistema de geração de energia elétrica a partir de uma fonte fotovoltaica, de forma a otimizar o desempenho do sistema.

Palavras-chave: Energia Solar, Acumuladores, Geração de Energia, Web Services, Gerenciamento.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o crescimento na demanda de energia vem aumentando significativamente em função das políticas de inclusão social, do aumento na renda *per capita* das classes mais baixas e também pelos avanços tecnológicos recentes, criando novos bens de consumo indispensáveis nos dias de hoje. Esse aumento na demanda de energia elétrica foi acompanhado por investimentos em novas usinas geradoras, porém sendo priorizadas unidades termoeletricas. Considerando aspectos ambientais e sustentáveis na geração de energia, existem opções como sistemas eólicos, solares ou híbridos para operar tanto conectados a rede elétrica quanto alimentando sistemas isolados (Ribeiro *et al.*, 2008).

Esses sistemas, principalmente os baseados em energia solar, ainda hoje possuem custos elevados de infraestrutura. Porém considerando a elevação na tarifa de energia e a queda nos preços dos componentes envolvidos, a tendência indica que esse tipo de solução será viável em pouco tempo (Salamoni *et al.*, 2008). Simplesmente converter a energia fotovoltaica ou eólica em energia elétrica e injetá-la na rede, no caso de sistemas conectados, ou consumi-la em sistemas isolados pode não ser a maneira mais rápida de se obter o retorno para o investimento realizado. Para grandes consumidores e indústrias, tarifadas pelas concessionárias de energia através de planos horo-sazonais, o retorno financeiro torna-se mais rápido injetando energia no horário de ponta, onde o valor das tarifas pode chegar a aproximadamente 8 vezes o valor da tarifa fora do horário de ponta (CEEE, 2009).

Entretanto esse tipo de aplicação necessita de um acumulador de energia. O uso de acumuladores de energia também torna-se interessante com o advento dos *smartgrids* (EUR 22040, 2006), onde um sistema de gerenciamento define os momentos ideais para armazenar a energia ou injetá-la na rede elétrica, de acordo com os valores de tarifas praticados pela concessionária e com a disponibilidade das fontes.

Para implantar este gerenciamento de forma eficiente é necessário controlar o consumo das cargas responsáveis pela maior demanda de energia. Em sistemas passivos, como lâmpadas, aquecedores e sistemas de ventilação este gerenciamento é simples, bastando incluir um controlador de demanda em série com a carga, interrompendo o circuito elétrico, para que se tenha o controle do consumo. No caso de sistemas mais complexos, como máquinas operatrizes,

impressoras, sistemas computacionais e processos, é necessário que seja respeitado o momento correto do desligamento. Desta forma, ao receber um comando o sistema de controle, integrado ao equipamento, identifica o momento adequado entre duas operações seqüenciais, de forma que o comando recebido não represente risco de prejuízo, como, por exemplo, o momento entre a impressão de dois documentos. Esta adição de inteligência aos equipamentos é possível graças a redução de custo dos sistemas computacionais, permitindo o desenvolvimento de sistemas completamente integrados, compactos e conectados diretamente à rede de dados.

A integração destes equipamentos à rede de dados permite que todos trabalhem em conjunto, otimizando a utilização de recursos, reduzindo perdas, levando a uma maior lucratividade do processo. A economia de energia é obtida agendando tarefas menos prioritárias em horários de menor custo e de menor consumo. Assim, a demanda de energia pode ser mantida abaixo do limite máximo estabelecido com a concessionária, evitando multas e consumo excessivo em horário de ponta.

Neste trabalho, serão analisadas as necessidades de gerenciamento para um sistema de geração de energia renovável, utilizando painéis solares, sendo proposto um sistema de gerenciamento capaz de integrar os sistemas de controle de fontes renováveis e não-renováveis de energia, o consumo total da infra-estrutura da empresa e a comercialização do excedente de energia gerado. Este sistema é baseado em tecnologias e padrões abertos da Internet, permitindo interoperabilidade entre diversos fabricantes e facilitando a sua implantação, utilizando mecanismos de descoberta padronizados para o reconhecimento automático de novos equipamentos integrados ao sistema. Na seção 2 será realizada uma pequena revisão sobre as fontes de energias renováveis mais comuns no Brasil e as suas principais características. Na seção 3 será apresentado um comparativo entre os principais tipos de acumuladores de energia, necessários para o gerenciamento e controle da demanda, sendo este tema explanado na seção 4. Na seção 5 é apresentada uma breve explicação sobre os webservices. Na seção 6 é proposto o sistema de gerenciamento, integrando os web services. Por fim, na seção 7 são apresentadas as conclusões obtidas até o momento.

2. SISTEMAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE FONTES RENOVÁVEIS

Quase todas as fontes de energia renovável (hidráulica, biomassa, eólica e energia dos oceanos) são formas indiretas de energia solar. Além disso, a energia solar pode ser utilizada diretamente para aquecimento de fluidos e ambientes e também para geração de potência mecânica ou elétrica. Pode ainda ser convertida diretamente em energia elétrica, por meio de efeitos sobre determinados materiais, entre os quais se destacam o termoelétrico e o fotovoltaico (Aneel, 2005). O Brasil possui uma localização geográfica privilegiada, onde boa parte do seu território encontra-se próximo à linha do Equador, com elevados índices de radiação solar, plenamente adequado para a geração de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos.

Uma das restrições técnicas à difusão de projetos de aproveitamento de energia solar é a baixa eficiência dos sistemas de conversão de energia, o que torna necessário o uso de grandes áreas para a captação de energia em quantidade suficiente para que o empreendimento se torne economicamente viável. Contudo quando comparada a outras fontes como a energia hidráulica, por exemplo, que muitas vezes requer grandes áreas inundadas, observa-se que a limitação de espaço não é tão restritiva ao aproveitamento da energia solar.

Em algumas definições, as fontes hidráulicas também são consideradas como fontes de energia renovável. Porém além do impacto ambiental devido à grande área alagada e a conseqüente liberação de CO₂ devido à decomposição da matéria orgânica, as usinas geralmente são construídas longe dos grandes centros consumidores, acarretando enormes investimentos em sistemas de transmissão. Da mesma forma, a biomassa também é uma fonte de energia alternativa e renovável, entretanto a monocultura aplicada em grandes latifúndios degrada o solo, gera empregos de baixa renda, não contribuindo para o desenvolvimento social.

Para os sistemas eólicos, recentes desenvolvimentos tecnológicos nos sistemas de transmissão, melhor aerodinâmica, estratégias de controle e operação das turbinas têm reduzido custos e melhorado o desempenho e a confiabilidade dos equipamentos. Entretanto, dependendo da região, pode haver uma baixa incidência de ventos, inviabilizando a instalação de geradores desse tipo. A energia dos oceanos também é uma forma alternativa e sustentável para a produção de energia elétrica, entretanto é um tema que ainda requer pesquisas.

Observando os aspectos técnicos, a robustez e a logística envolvida, considerando as fontes de energia renovável citadas, pode-se seguramente dizer que a energia solar é a de mais simples instalação e utilização. Dessa forma, é possível proporcionar o desenvolvimento sócio-econômico através do acesso a energia elétrica em comunidades isoladas ou então reduzir as demandas de energia em grandes centros consumidores através da integração de sistemas fotovoltaicos à rede elétrica.

3. SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

Apesar do uso de dispositivos de armazenamento de energia não ser obrigatório na geração utilizando fontes renováveis, ele permite que seja armazenada a parcela que excede o consumo da carga. Além disso, em função dos custos do kWh nos horários de ponta e fora de ponta, pode ser interessante que toda a energia acumulada seja injetada

durante o horário de ponta visando acelerar o retorno financeiro do investimento. Este perfil de funcionamento exige ciclos diários de carga e descarga dos acumuladores.

Os sistemas de armazenamento mais utilizados hoje em dia são, sem dúvida, baseados em acumuladores eletroquímicos. Dentre os mais populares estão as baterias de chumbo-ácido, presentes em sistemas ininterruptos de energia, automóveis e sistemas de iluminação de emergência, e também as baterias de íons de lítio (Li-Ion), presentes nos notebooks, carros híbridos e também recentemente utilizadas em telefones celulares. Em dispositivos de menor porte são utilizadas as baterias de níquel metal hidreto (NiMH).

Os principais problemas dos acumuladores eletroquímicos estão relacionados ao seu curto tempo de vida e a poluição gerada no descarte. O tempo de vida de um acumulador eletroquímico é curto se comparado ao tempo de vida do equipamento alimentado, como no caso das fontes ininterruptas de energia, notebooks, entre outros. O tempo de vida está diretamente relacionado com a quantidade e a profundidade das descargas sofridas e, principalmente, à temperatura ambiente em que operam. Em sistemas de armazenamento de grande capacidade o uso das baterias se torna proibitivo devido ao custo das baterias de lítio ou o espaço ocupado pelas baterias de chumbo ácido.

Devido aos fatores apresentados, é importante que uma vez dominadas as tecnologias de geração e conexão dos geradores à rede, seja investido tempo em pesquisas para o desenvolvimento de soluções de armazenamento de energia menos poluente e com uma durabilidade maior. Como opção aos acumuladores eletroquímicos convencionais, temos as células combustíveis, os supercapacitores, os acumuladores hidráulicos e a ar comprimido.

Uma célula combustível também pode ser considerada um tipo de acumulador eletroquímico, na qual há a conversão de energia química em eletricidade. A principal diferença em relação às baterias é que a “carga” da célula combustível não é feita obrigatoriamente na própria célula, podendo ser feita em duas etapas. A etapa mais complexa é a separação e o acondicionamento dos gases a serem injetados na célula. Os reagentes utilizados na célula combustível são tipicamente o hidrogênio e o oxigênio. O hidrogênio pode ser obtido de outros gases ou da eletrólise da água. A obtenção a partir do metano, por exemplo, é um método que libera outros gases não podendo ser considerado um método não poluente. Já a eletrólise da água é um processo limpo, mas ainda pouco eficiente na conversão energética, sendo necessária uma grande quantidade de energia para a separação do hidrogênio, tornando o processo global menos eficiente que um motor à combustão interna. Outro motivo a ser observado na aplicação do hidrogênio é a sua volatilidade, o que exige um cuidado maior no seu armazenamento se comparado a outros gases, principalmente se tratando de aplicações móveis.

O uso de supercapacitores também tem sido bastante pesquisado. Esse componente possui uma capacidade de armazenamento muito maior que um capacitor comum, considerando o mesmo volume ocupado. O maior empecilho ao uso dessa tecnologia se deve ao seu elevado custo e também à capacidade de armazenamento inferior quando comparado à baterias de chumbo-ácido. Em compensação, os supercapacitores têm como vantagem a maior quantidade de ciclos e também descargas mais profundas, alta eficiência e baixa toxicidade dos materiais utilizados.

Uma alternativa para armazenar energia em grandes quantidades, onde também se dispõe de uma grande área é o armazenamento hidráulico. Neste tipo de armazenamento, tem-se uma central hidrelétrica e um reservatório ou represa. Durante a carga do sistema, uma determinada quantidade de líquido é bombeada de um reservatório em um nível mais baixo para outro em nível mais alto. Quando necessário, a água é liberada pela central hidrelétrica gerando a energia necessária. O grande problema deste tipo de armazenamento é a sua eficiência, ainda não estudada completamente, e a área necessária para a sua instalação, dependente também da disponibilidade de desnível.

Alternativas limpas para armazenar energia também estão sendo utilizadas recentemente. Existem sistemas que armazenam energia sob a forma de ar comprimido (Sears, 2005). Havendo energia excedente ou nos momentos que o custo do kWh é suficientemente baixo, compressores são acionados, bombeando ar em cavernas ou aquíferos, armazenando-o sob altas pressões. Em momentos de picos de consumo, ou quando o custo do kWh aumenta, esse ar é liberado, acionando turbinas de expansão, gerando energia elétrica. Entretanto, sistemas desse tipo requerem grandes e adequadas áreas para armazenar o ar. Também pode ser utilizada a energia térmica, proveniente dos processos de expansão e compressão do ar em conjunto com a turbina de expansão, elevando o rendimento desse tipo de acumulador. Certos sistemas de armazenamento de energia podem ter rendimento efetivo de até 70% (Meyer, 2009), como a diferenças das tarifas de energia praticadas pelas concessionárias nos horários fora de ponta é de cerca de 13% daquelas praticadas nos horários de ponta (CEEE, 2009), mesmo que acrescidos o rendimento de 90% do inversor utilizado na injeção da energia armazenada de volta para a rede elétrica, este tipo de sistema ainda é viável economicamente. Nesta estimativa estão sendo utilizados os valores cobrados pela concessionária, pois a compra de energia ainda não é regulamentada no Brasil. Caso o país venha a utilizar o mesmo modelo de países europeus, no qual a energia excedente é comprada pelas concessionárias utilizando tarifas de compra de energia maiores do que os preços cobrados dos consumidores o retorno do investimento tende a ser acelerado.

Por fim, estruturas mecânicas também podem ser utilizadas para armazenar energia. Um sistema muito comum, principalmente em UPS e também em sistemas industriais é o *Flywheel*. Nessa estrutura, um volante de massa elevada é mantido sob rotação, armazenando grande quantidade de energia cinética. Sempre que necessário, essa energia é utilizada para movimentar geradores, produzindo energia elétrica. Como vantagem, esse sistema requer baixa manutenção, pode fornecer grandes quantidades de energia em curtos intervalos de tempo, tempo de recarga inferior ao de baterias chumbo-ácido e também suporta um grande número de ciclos de carga e descarga (Ando *et al.*, 2007).

4. SISTEMAS DE GERENCIAMENTO

A utilização de sistemas computacionais para o gerenciamento possibilita controlar, de forma integrada, toda a geração e consumo da instalação, podendo trabalhar em diferentes perfis, de acordo com as políticas financeiras e ambientais definidas previamente ou alteradas por mudanças na tarifação da concessionária, pelas questões sazonais ou por um aumento no volume de produção de uma empresa.

Esta utilização baseada em políticas de uso é implantada através do controle de demanda de energia, realizado através da medição do consumo total e dos consumos individuais das principais cargas da instalação, como compressores, computadores, aquecedores, impressoras laser, etc.

A partir do controle das cargas é possível minimizar o consumo, desligando cargas não utilizadas ou agendando o seu uso para períodos de menor tarifa. Tarefas com prazo de execução mais flexível, como por exemplo, impressoras de material publicitário, sistemas de backup em fita, lavadoras ou sistemas de bombeamento de água podem ter o seu funcionamento agendado para o período noturno após o horário de ponta, visando a redução do custo de operação. Desta forma, obtém-se redução de custos sem necessariamente realizar racionamento, apenas adequando o uso dos equipamentos consumidores.

Para cargas que podem ser desligadas apenas cortando a alimentação, como lâmpadas, motobombas e ventiladores, o controle de demanda pode ser realizado inserindo um interruptor controlado, conectado em série. No caso de sistemas mais complexos, como processos industriais, máquinas operatrizes, computadores é necessária a comunicação com cada um dos equipamentos a fim de ordenar o encerramento das tarefas em execução antes do seu desligamento. Se o sistema de gerenciamento não respeitar o tempo necessário para o desligamento destas cargas, os prejuízos podem ser muito maiores do que a economia gerada pelo controle de demanda.

Além deste controle direto do consumo, a utilização de um sistema computacional de gerenciamento fornece aos gestores o conhecimento sobre o uso da energia na instalação, permitindo refinar as políticas definidas e aplicadas pelo sistema, definindo quais os horários mais propícios para a injeção da energia acumulada, e também quais os momentos em que devem ser acionados os geradores convencionais a fim de reduzir a demanda da rede da concessionária.

As decisões a respeito do perfil de consumo utilizado em cada momento precisam ser tomadas tendo como base os valores da tarifa praticada pela concessionária de energia. Desta forma, a comunicação do sistema de gerenciamento diretamente com a concessionária permite uma resposta rápida às modificações tarifárias.

Com a grande quantidade de informações necessárias para colocar em prática o sistema de forma eficiente, é necessário minimizar a interação humana entre a aquisição de dados e o controle de carga. A utilização de estratégias de comunicação máquina-à-máquina, nas quais o sistema de gerenciamento coordena a geração, o consumo e também configura os equipamentos de modo a garantir que novos parâmetros de funcionamento sejam diretamente repassados aos mesmos torna-se uma opção interessante. Essa comunicação depende do protocolo de gerenciamento utilizado, o qual deve ser escolhido levando em conta as necessidades específicas de cada aplicação.

4.1 Protocolo de gerenciamento

Antes de definir a arquitetura de gerenciamento é preciso definir os requisitos do sistema para que ele atenda às necessidades da geração de energia renovável, visando garantir a proteção dos dados e a diversidade de fornecedores dos equipamentos.

Interoperabilidade: garante que a comunicação entre equipamentos de diferentes fabricantes, desenvolvidos em diferentes linguagens, possam ser integrados na mesma rede de monitoração e controlados através dela.

Segurança: para que sejam executados configurações e comandos remotos nos sistemas gerenciados é importante garantir, no mínimo, a autenticidade dos usuários e a integridade das configurações. Em alguns casos, também é conveniente aos usuários, preservar a privacidade das mensagens.

Acesso via Internet: em grande parte das instalações de energia renovável os equipamentos ficam em localidades distantes do centro de gerenciamento. Nestes casos é interessante que o sistema de gerenciamento possa acessá-los remotamente através da Internet, dispensando o uso de equipamentos de conexão de rede adicionais. Este tipo de acesso é particularmente importante quando pensamos em utilizar a infra-estrutura de telefonia celular para acessar estes dispositivos.

Configuração automática: ter uma instalação fácil e rápida simplifica o trabalho do instalador dos equipamentos. Os equipamentos devem ser automaticamente reconhecidos pelo sistema de gerenciamento para reduzir o tempo de configuração inicial. Após o primeiro acesso ao equipamento, o gerente do sistema pode atribuir manual ou automaticamente as configurações como senha de acesso, certificado de criptografia, entre outros dados relativos à segurança.

Integração: cada equipamento conectado à rede deve ser capaz de se integrar com os demais para que seja possível executar tarefas mais complexas, como, por exemplo, um conjunto de painéis solares, um inversor de tensão controlado por corrente, um sistema de armazenamento de energia limpa, podem ser associados para juntos definirem se o sistema de armazenamento deve consumir a corrente injetada na rede pelos painéis ou se ele deve ser desligado para deixar que a carga consuma a potência fornecida pelos painéis. Este tipo de abordagem permite que o sistema decida que ações tomar para aplicar os dois modos de operação mostrados na seção 5.

Com o objetivo de reduzir custos o sistema de gerenciamento da geração e consumo de energia utiliza a rede de dados TCP/IP existente para trafegar os dados de monitoração e controle. Desta forma, é conveniente que sejam

utilizados protocolos conhecidos e abertos para a comunicação entre os diversos equipamentos conectados. Dentre os protocolos utilizados para gerenciamento e monitoração na Internet se destacam o SNMP (Case *et al.*, 1990) e os Web Services (Booth *et al.*, 2004).

O mais utilizado atualmente é o SNMP, tanto no ambiente de TI quanto na integração de sistemas de automação com os sistemas gerenciais das empresas. Este protocolo é o padrão de fato para a monitoração de valores e seria a melhor opção para os sistemas de geração de energia renovável se estes tratassem apenas da monitoração dos valores. Como é necessário que o sistema de gerenciamento possa interagir com os equipamentos executando comandos e atribuindo valores aos seus parâmetros de funcionamento, este protocolo deixa de ser interessante, pois o seu ponto fraco é justamente o nível de segurança disponível, uma vez que a sua terceira versão, que é a única que suporta comunicação segura, não foi aceita pelo mercado dada a sua difícil implantação.

Os web services são uma opção ao SNMP por terem sido concebidos para funcionar na Internet, utilizando uma arquitetura baseada em serviços com o objetivo de integrar sistemas desenvolvidos em linguagens diferentes por diversos fabricantes. Esta necessidade de interoperabilidade entre sistemas de diferentes domínios administrativos forçou o desenvolvimento de camadas de segurança compatíveis com as necessidades de comunicação global. Estes motivos, somados aos que serão apresentados no capítulo a seguir tornam os web services muito apropriados à comunicação entre os equipamentos locais e remotos existentes em uma infraestrutura de energia e também na comunicação dos clientes com as concessionárias, unificando o formato da comunicação, independente se estamos falando do acionamento de uma lâmpada ou da tarifação pela concessionária.

5. WEB SERVICES

Os Web Services são soluções utilizadas na integração de sistemas e na comunicação entre diferentes aplicações, desenvolvidas por fornecedores diversos. Eles são utilizados tanto em gateways para a comunicação com sistemas legados quanto em sistemas novos que necessitem de interoperabilidade.

Essas soluções são baseadas em tecnologias abertas no ambiente da Internet e padronizadas por organizações como o W3C, sendo utilizados principalmente o formato XML e os protocolos HTTP e SOAP. Estes Web Services são organizadas em arquiteturas orientadas a serviços, nas quais cada entidade da rede seja um servidor ou dispositivo, disponibiliza serviços que podem ser utilizados por outros usuários. Estes serviços podem ser utilizados pelo seu requisitante para facilitar a execução de uma tarefa sua, como por exemplo a busca de um código postal, quanto para monitorar ou controlar um equipamento da rede, seja para ler a tensão de saída de um sistema de geração fotovoltaica ou ligar e desligar um sistema de refrigeração.

Utilizando mecanismos de segurança adequados, descritos nas especificações WS-*, é possível utilizar Web Services de forma segura, mesmo utilizando a Internet como meio de transporte da informação. Essa funcionalidade na prática não é realizado com o SNMP.

Outra vantagem dos Web Services é o mecanismo de descoberta de serviços, definido nas suas especificações, permitindo que novos provedores de serviços se conectem à rede, podendo ser desde um novo conjunto de painéis solares ou mesmo um novo consumidor de energia. Esse sistema permite que sejam divulgados os serviços disponibilizados e a forma como este serviço deve ser invocado. Esta invocação de serviços torna os Web Services semelhante aos outros mecanismos de chamada de procedimentos remotos, mas com as vantagens de segurança, interoperabilidade e aceitação que não foram obtidas por nenhuma outra destas tecnologias. Na arquitetura de aplicação dos Web Services, temos três entidades principais, o provedor do serviço, o invocador do serviço e o publicador do serviço. Como mencionado anteriormente, o provedor é quem disponibiliza e efetivamente executa o serviço, o invocador é quem fornece as informações de entrada e aguarda a resposta do serviço e o publicador do serviço é quem tem a listagem de serviços disponibilizados por diversos provedores e consultadas por diversos invocadores.

A tecnologia dos web services permite que novas técnicas sejam criadas para atender necessidades específicas. A capacidade de expansão permitiu o desenvolvimento de um perfil de uso dos web services para utilizá-los em dispositivos embarcados, com recursos computacionais limitados chamado DPWS, que será utilizado em alguns casos em dispositivos de gerenciamento.

Como os web services se adaptam às necessidades de comunicação dos equipamentos gerenciados, é possível integrar dispositivos da infraestrutura que não possuam web services internos através de sistemas de tradução de protocolos chamados de gateways. Havendo um equipamento que utilize um protocolo serial, é possível instalar um gateway afim de ler os valores via protocolo serial e os disponibilize através da rede TCP/IP na forma de um web service.

6. PROPOSTA DO SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA

Para ilustrar o uso de web services foi elaborado o projeto de em um sistema real de geração de energia elétrica utilizando painéis solares, geradores eólicos e com um sistema de armazenamento de energia para o aproveitamento do excedente gerado. Na figura 1, é mostrado o projeto do sistema. O sistema proposto prevê uma carga de informática, mas o modelo proposto se aplica a qualquer tipo de carga que utilize a rede da concessionária de energia.

Os componentes deste sistema são descritos na listagem abaixo:

Rede elétrica da concessionária: é a rede convencional fornecida pela concessionária de energia elétrica, a qual possui tarifação horo-sazonal verde.

Medidor inteligente: é o medidor fornecido pela concessionária de energia, o qual possui uma interface de comunicação com o usuário a fim de disponibilizar as informações a respeito do consumo total e o consumo instantâneo da instalação.

Inversores: São os conversores responsáveis pela injeção da energia CC gerada ou armazenada na rede elétrica interna CA.

Painéis solares: São os painéis fotovoltaicos utilizados na geração de energia renovável.

Geradores eólicos: Servem como fonte complementar de energia renovável.

Acumulador de energia: Sistema de armazenamento que pode utilizar baterias, ar comprimido, *Flywheel* ou outros.

Rede elétrica interna: é a rede conectada à concessionária, na qual é injetada a energia proveniente dos painéis solares e geradores eólicos. Além disso, ela alimenta todas as cargas da instalação que não são críticas e fornece a energia para a carga do sistema acumulador.

Sistema de alimentação ininterrupta: normalmente formado por um UPS (Uninterruptible Power Supply) e um conjunto de baterias. É necessário para garantir a continuidade da operação da infraestrutura de informática mesmo durante uma falta da energia da concessionária.

Rede elétrica ininterrupta interna: é a rede alimentada pelo sistema de alimentação ininterrupta.

Impressoras, Servidores e Computadores: são exemplos de cargas complexas que o sistema pode alimentar, as quais não podem ter o seu funcionamento interrompido abruptamente.

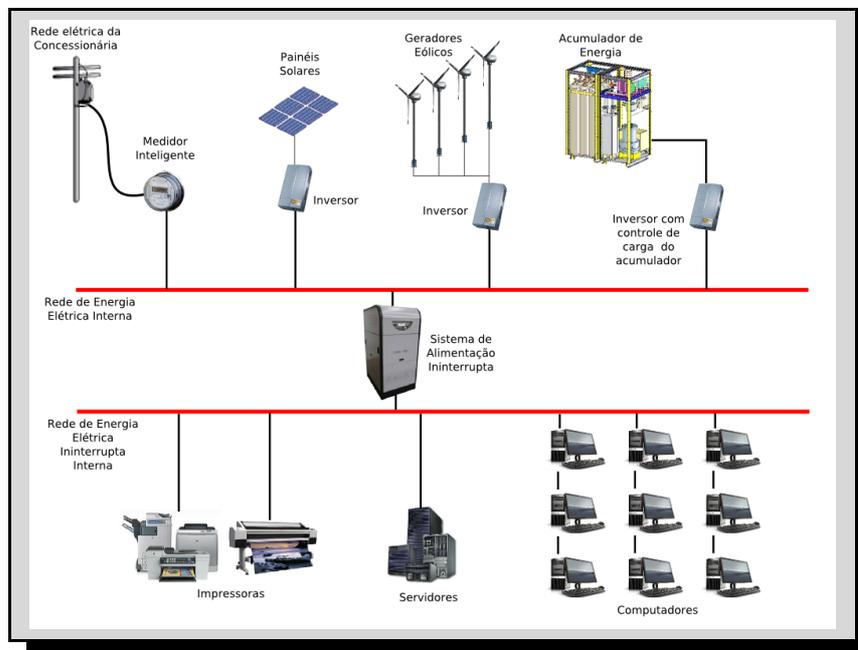


Figura 1- Projeto do sistema utilizando energias renováveis.

Para que o sistema mostrado na figura 1 possa ter o máximo aproveitamento da energia gerada e tenha o tempo de retorno do investimento minimizado, é necessário integrar todos os elementos geradores de energia e os principais consumidores a um sistema de gerenciamento. O sistema é composto de diversos web services, cada qual responsável pela configuração, controle e monitoração de um equipamento. A figura 2 mostra os web services e os seus equipamentos controlados.

Neste sistema, o web service 1 é o único que pertence a um domínio administrativo diferente, pois ele é hospedado na concessionária de energia, ficando disponível para qualquer cliente da mesma. Ele é acessado via Internet e necessita de um nível de segurança mais elevado. Este web service fornece aos clientes o serviço de atualização do preço da tarifa e das modalidades de consumo.

O web service do medidor inteligente é um gateway que converte o protocolo do medidor em serviços disponibilizados para a medição do consumo instantâneo e o consumo total mensal.

Os web services 3 e 4 monitora a geração dos painéis solares e geradores eólicos, permitindo que o sistema de gerenciamento meça a quantidade de energia gerada e desconecte os inversores se necessário.

O web service 5 disponibiliza controle sobre os processos de carga dos acumuladores e também sobre a injeção da energia acumulada na rede elétrica. Este é um dos web services mais importantes do sistema pois possibilita o controle do consumo de energia da concessionária. No modo de operação mais econômico, o acumulador somente é carregado a partir da energia gerada pelas fontes renováveis de energia, sendo realizada a descarga da energia acumulada durante o horário de ponta.

O web service do sistema de gerenciamento de energia é o centro do sistema, pois ele efetua a comunicação com todos os outros web services, buscando as informações necessárias à tomada de decisões além de enviar comandos e configurações aos outros web services para a correta aplicação das políticas de economia e utilização dos recursos definidas internamente. A forma como são definidas estas políticas e como o sistema de gerenciamento as processa é assunto para outros trabalhos.

Os web services restantes (7 a 25) controlam as cargas complexas, recebendo comandos afim de aplicar as políticas de controle de demanda. Em momentos onde é necessária a redução do consumo, determinados computadores da rede podem ser desligados pelo sistema de gerenciamento. Os web services dos servidores podem ser comandados a desligar apenas em caso de falhas no sistema de alimentação ininterrupta e as impressoras podem ter a sua fila de documentos alterada, agendando as tarefas de impressão de maior volume para os períodos de menor atividade.

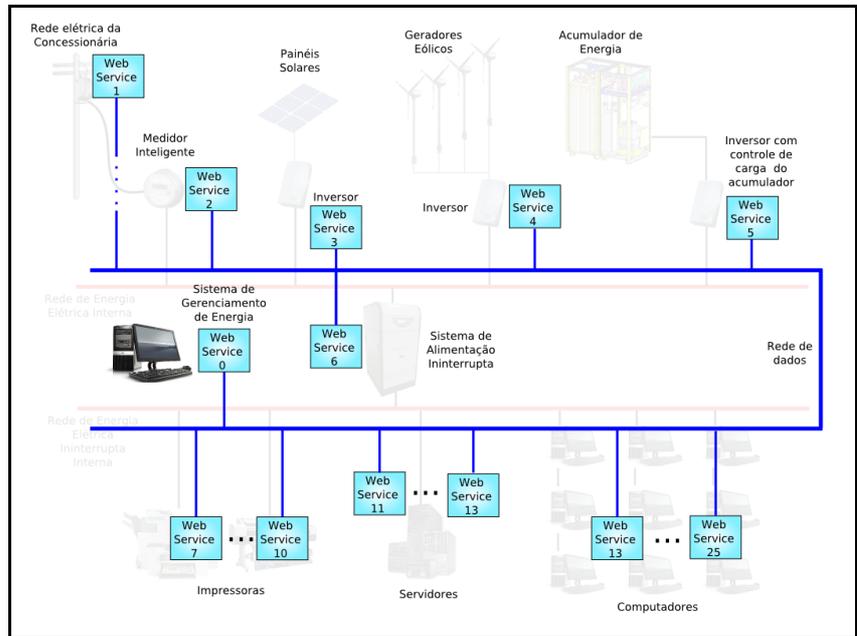


Figura 2- Estrutura de web services para o gerenciamento de energia.

A utilização de web services permite que seja adicionado facilmente um controle de demanda para dispositivos de iluminação. Para isto, basta que esse controlador possua um web service conectado à rede de dados, sendo autodetectado pelo sistema de gerenciamento. O sistema levará em conta o consumo das lâmpadas na aplicação das políticas, podendo inclusive utilizar um sensor de luminosidade para definir a quantidade de lâmpadas ligadas racionalizando o consumo.

7. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado um sistema de gerenciamento de energia com controle de demanda através da utilização da tecnologia dos web services para a racionalização do consumo de uma infraestrutura de TI, permitindo que as mesmas tarefas continuem sendo executadas, porém com um consumo reduzido de energia da concessionária, gerando menos impacto ambiental e econômico.

Buscou-se demonstrar também os modos de armazenamento de energia que dão suporte ao sistema proposto, bem como as motivações para a sua utilização em função das vantagens geográficas e ambientais do Brasil. Foram especificadas também as características necessárias para que um sistema de gerenciamento possa garantir o funcionamento com equipamentos de diversos fornecedores de forma segura.

Não foram realizadas análises econômicas uma vez que, a proposta desse trabalho tem como escopo principal o desenvolvimento de sistemas de gerenciamento e controle de fontes de energia através de uma plataforma aberta, permitindo a integração de diversos equipamentos, de naturezas diferentes, em uma mesma base de dados.

REFERÊNCIAS

- Ando, I. S., J. Haga, H. Ohishi, K., 2007. Long life ups based on active filter and flywheel without electrolytic capacitor, European Conference on Power Electronics and Applications.
- ANEEL, 2005. Atlas de energia elétrica do Brasil, 2ª Edição, Brasília.
- Booth, D., Haas, H., McCabe, F., Newcomer, E., Champion, M., Ferris, C., Orchard, D., 2004. Web Services Architecture. W3C, World Wide Web Consortium.
- Case, J. D., Fedor, M., Schoffstall, M. L., Davin, J., 1990. RFC1157: Simple Network Management Protocol (SNMP). Internet Engineering Task Force.
- CEEE, 2009. Tabela de Tarifas - Horo-Sazonal Verde.
- EUR 22040, 2006. European technology platform SmartGrids, 1st Edition, Luxemburgo.
- Meyer, F., 2010. Compressed Air Energy Storage Power Plants – Informações do projeto. BINE Information Service Energy Expertise. Disponível em http://www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Englische_Infos/projekt_0507_engl_internetx.pdf.
- Ribeiro, L. A. S., Bonan, G., Gabiatti, G., Martins, A. S., Saavedra, O. R., Matos, J. G., 2008. Inversores para aplicações em sistemas híbridos de geração de energia elétrica em localidades isoladas, II CBENS – II Congresso Brasileiro de Energia Solar, Florianópolis.
- Salamoni, I. T., Montenegro A. A., Rütger, R., 2008. A paridade tarifária da energia solar fotovoltaica para a próxima década no Brasil e a importância de um mecanismo de incentivo, II CBENS – II Congresso Brasileiro de Energia Solar, Florianópolis.
- Sears, J. R., 2005. Thermal and compressed-air storage (TACAS): The next generation of energy storage technology, International Stationary Battery Conference and Trade Show, Miami Beach.

Intelligent Management of Corporate Photovoltaic Systems with Demand Control

Abstract. *Driven by economic growth and social development that raise the standard of quality of life of the people, an increase in energy generation is needed because the increases in energy demand. However, this growth should not be achieved at the cost of environmental degradation, using, for example, oil in power plants or large hydraulic generation plants. More advanced alternatives are available using renewable energy systems and is also economically viable. However, it is necessary that the primary source is carefully defined to the system extract the maximum power available, storing the surplus to be used in the appropriated time.*

The whole structure of generation and energy storage requires a management system able to analyze different scenarios of generation, consumption and the costs involved to obtain the maximum utilization of the system, optimizing the financial return on investments. This management can be accomplished through a data network standard TCP / IP with the use of web services. This structure allows all equipment to be managed the same way, whether they are generators or consumers, and also to be automatically detected on the network allowing the management adapt itself dynamically to new demands for power or economy. In this paper will be presented the proposal of an architecture, able to obtain necessary information from the equipment involved in a system of generating electricity from a photovoltaic power source in order to optimize the system performance.

Key words: Solar Energy, Energy Storage, Energy Production, Web Services, Management