

C6 – Sistemas de Distribución Y Generación Dispersa

Sistema de gerenciamento de energia elétrica utilizando simulação termo energética e algoritmos genéticos: uma aplicação voltada aos edifícios inteligentes

R.C.G. TEIVE*
UNIVALI
Brasil

A.G. NAZÁRIO
SENAI - MT
Brasil

Resumen – A inovação no processo de gestão de energia elétrica em edificações comerciais pode otimizar a eficiência energética pelo lado da demanda. Pesquisas envolvendo redes inteligentes e, em particular edifícios inteligentes, têm crescido muito no sentido de propor sistemas de gerenciamento do consumo e produção de energia elétrica localmente. Neste trabalho é proposto a utilização dos software Energyplus e SketchUp, os quais possibilitam a simulação energética dos componentes térmicos e lumínico de uma edificação, além da avaliação do desempenho de um sistema fotovoltaico, permitindo a consideração do potencial estimado de radiação da região. As saídas geradas pelo software Energyplus são utilizadas como dados de entrada para o sistema de gerenciamento de energia proposto; gerando-se assim cenários de geração fotovoltaica e de consumo, considerando cargas de iluminação, ar-condicionado e computadores. A partir destes cenários, o sistema de gerenciamento de energia elétrica proposto, baseado em algoritmos genéticos, determina o percentual estimado de geração fotovoltaica para cada hora, dia e mês do ano, bem como o montante de energia a ser contratado da concessionária. Busca-se, ao mesmo tempo, maximizar o uso da geração fotovoltaica e a minimização dos custos com a compra de energia da concessionária. Este artigo considera um estudo de caso com dados reais de consumo mensal de energia e a simulação do aporte do sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica convencional. Para validação deste sistema de gerenciamento foi realizado o estudo de caso na edificação da Faculdade de Tecnologia do SENAI-MT. Resultados preliminares comprovam a importância da simulação termo energética para na especificação de um sistema fotovoltaico eficiente e aderente com as condições da edificação e dos custos de energia da concessionária. Além disto, o modelo de otimização proposto permitiu encontrar as melhores soluções de compromisso entre a geração local de energia e energia contratada.

Palabras clave: Edifícios inteligentes – Gerenciamento de energia – Redes inteligentes – Geração fotovoltaica

1 INTRODUÇÃO

Os problemas de interrupção do fornecimento de energia elétrica e o crescente consumo desta, por parte especialmente das edificações comerciais e industriais, afetam toda a economia, fazendo com que áreas de produção e prestação de serviços sofram impactos financeiros, gerando prejuízos incalculáveis. Diante desta problemática, a inovação no processo de gestão de energia elétrica em edificações comerciais pode otimizar a eficiência energética pelo lado da demanda.

Neste sentido, pesquisas envolvendo redes inteligentes e, em particular edifícios inteligentes, tem crescido muito no sentido de propor sistemas de gerenciamento do consumo e produção de energia elétrica localmente; aumentando-se assim a eficiência e a confiabilidade dos sistemas de distribuição de energia elétrica.

Neste sentido, foi introduzida a filosofia das *smart grids* ou redes de energia inteligentes, que segundo [1], consistem na necessidade de tornar o sistema de distribuição de energia mais interativo, incorporando diferentes fontes de energia na rede, em especial fontes geradoras descentralizadas, renováveis e

* rteive@univali.br

intermitentes, e introduzindo novos consumidores como veículos elétricos, além da importância de melhorar a eficiência e o próprio dimensionamento da rede.

O grande desafio destas Smart grids está na gestão e integração de energia em pequena escala e em baixa tensão chamadas de Microgrids, onde podem ser definidas como uma rede inteligente em escala de diminuta utilizada nos edifícios inteligentes, que procede na gestão dos recursos existente na Microgrids. Para compreender o funcionamento de um edifício inteligente utilizando microgrids faz-se necessário conhecer os quatro elementos básicos definida em [2]: estrutura, sistemas, serviços e gerenciamento, assim como o interrelacionamento entre eles. Este edifício considerado inteligente auxilia o proprietário, o gerente e os ocupantes a realizarem os seus objetivos nas áreas de custo, conforto, segurança, flexibilidade e gestão de energia.

Segundo European Intelligent Building Group (EIBG) do Reino Unido, a definição do edifício inteligente é aquela que cria um ambiente que permite às empresas atingirem seus objetivos de negócios e maximizar a produtividade de energia alternativas ao mesmo tempo, controlar eficiente os recursos com um prazo mínimo de retorno dos gastos [3].

A utilização de recursos computacionais possibilita uma simulação termo energética destes elementos do edifício inteligente. Segundo [4], Diretório de Ferramentas de Simulações Computacionais do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações do Departamento de Energia dos Estados Unidos existem mais de 408 programas de simulação desenvolvidos em diversos países. Dentre estas, a ferramenta Energyplus vem se destacando por ser um programa de simulação de energia utilizado para modelar os fluxos energéticos de uma edificação, envolvendo aquecimento, refrigeração, ventilação, iluminação, processos como uso da água nos edifícios, além de permitir a modelagem de diversos elementos construtivos da edificação. O seu desenvolvimento é financiado pelo Departamento de Energia Building Technologies US Office.

Na Europa, por exemplo, a utilização da simulação computacional é um pré-requisito para a normalização das edificações eficientes, onde consiste em criar um ambiente seguindo a diretriz para melhoria do rendimento econômico dos edifícios, onde propõem que os países integrem, em suas leis, aspectos apresentados pelo parlamento europeu em 2002. A partir destas premissas estabelecidas, alguns países membros da Comunidade Europeia padronizaram o uso do Energyplus como ferramenta para simulação com objetivo de fazer a avaliação das edificações eficientes classificando seu desempenho energético com objetivo de estimar a construção de edifícios eficientes.

A utilização de recursos computacionais, como Energyplus e SketchUp, possibilita a simulação energética dos componentes térmicos e lumínico de um edificação, avaliando-se conceitos de sustentabilidade e eficiência energética nas edificações existentes ou em fase de projeto, possibilitando também a avaliação do desempenho de um sistema fotovoltaico, por exemplo, considerando-se o fator de transmitância de calor sobre a edificação e o potencial da região em gerar energia fotovoltaica. Além disto, a utilização do Energyplus permite a simulação do aproveitamento da iluminação natural, bem como avaliação do conforto térmico.

Neste trabalho, o software Energyplus é utilizado para gerar cenários de consumo, considerando cargas de iluminação, ar-condicionado e computadores, associado com o potencial estimado de geração fotovoltaica para a região de interesse. A partir destes cenários, o sistema de gerenciamento de energia elétrica proposto, baseado em Algoritmos Genéticos, determina o percentual estimado radiação solar para cada hora, dia e mês do ano, bem como o montante de energia a ser contratado da concessionária. Busca-se, ao mesmo tempo, maximizar o uso da geração fotovoltaica e a minimização dos custos com a compra de energia da concessionária.

Este artigo considera um estudo de caso com dados reais de consumo mensal de energia e a simulação do aporte do sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica convencional. Para validação deste sistema de gerenciamento foi realizado o estudo de caso na edificação da Faculdade de Tecnologia do SENAI-MT, utilizando-se o software Energyplus e SketchUp para modelar a arquitetura desta edificação calculando o consumo de energia e o projeto fotovoltaico da edificação.

Resultados preliminares comprovam a importância da simulação termo energética para na especificação de um sistema fotovoltaico eficiente e aderente com as condições da edificação e dos custos de energia da concessionária. Além disto, a otimização multi objetivo permitiu encontrar as melhores soluções de compromisso entre a geração local de energia e energia contratada.

2 GERENCIAMENTO PELO LADO DA DEMANDA E EDIFÍCIOS INTELIGENTES

2.1 Gerenciamento pelo lado da demanda

A partir da década de 1990, empresas concessionárias de energia elétrica dos EUA, Canadá e Europa utilizaram técnicas de Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD) como forma de conservação de energia e controlar o consumo dos seus consumidores.

Conforme colocado em [5], o GLD diz respeito a uma série de atividades realizadas pelas empresas concessionárias de energia no sentido de adequar o consumo a um nível tal que minimize as agressões ao meio ambiente, ao mesmo tempo que garanta a estabilidade econômica e financeira das empresas, sem minorar o nível de confiabilidade no atendimento aos seus consumidores.

Por definição, as técnicas de GLD requerem um melhor conhecimento das necessidades dos consumidores. Como decorrência, as empresas que utilizam este procedimento estão mais aptas a realizarem investimentos mais apropriados do que aquelas tradicionalmente guiadas pela expansão da oferta. O GLD reconhece que as demandas dos consumidores não são fixas e que podem ser controladas por meio de incentivos e prêmios, ou mesmo através de controle direto sobre as cargas [5].

Entretanto, com o advento das Smart Grids ou Redes Inteligentes as técnicas de GLD têm sido utilizadas em um contexto mais amplo, envolvendo as micro grids e edifícios inteligentes, inseridas em sistemas de gerenciamento de energia, ou mesmo medidores inteligentes, com inteligência embarcada. Na seção seguinte serão descritos de forma resumida alguns trabalhos envolvendo sistemas de gerenciamento de energia voltados aos edifícios inteligentes e micro grids.

2.2 Edifícios Inteligentes

A literatura técnica sobre edifícios inteligentes e micro grids é ampla. No que tange aos sistemas de gerenciamento de energia para edifícios inteligentes e micro grids, observa-se uma predominância no uso de técnicas de Inteligência Artificial, mas com pouca utilização de simulação termo energética para geração de dados para este gerenciamento. Alguns destes trabalhos serão discutidos a seguir.

Em [6], [7], [8], [9] e [10] são apresentados sistemas de gerenciamento de energia para edifícios e micro grids, no qual toda a lógica de gerenciamento das cargas é executada por meio de Sistemas Especialistas. Em [06] e [10] é considerado a geração fotovoltaica local. Em [7], é simulada a inserção da micro grid em uma rede de distribuição inteligente, possibilitando assim avaliar o fluxo bidirecional de energia e informações entre o consumidor e a concessionária de energia.

Considerando o problema de gerenciamento de energia como um problema de otimização, em [11], [12] e [13] são propostos Algoritmos Genéticos mono objetivos, onde busca-se a minimização dos gastos de energia com a concessionária. Por outro lado, em alguns trabalhos são considerados outros objetivos a serem otimizados, além da redução do consumo ou minimização dos custos. Por exemplo, em [14] considera-se também a maximização de lucros com geração local fotovoltaica e eólica. Em [15], considera-se um objetivo adicional de programação de tarefas. Em [16], tem-se também a minimização do impacto ambiental, considerando a possibilidade de fontes renováveis. O trabalho [17] é similar ao trabalho [16], porém neste último o objetivo de utilização de fontes renováveis é a maximização dos lucros com a venda de energia, considerando preços horários. Em todos estes trabalhos multi objetivos citados, utiliza-se os Algoritmos Genéticos Multi Objetivos.

No caso de se considerar o gerenciamento de energia de um conjunto de micro grids, inseridas em uma rede de distribuição inteligente, em [18] é proposto uma sistema inteligente de gestão, baseado em agentes inteligentes, no qual é possível considerar cada micro grid de forma independente e autônoma, podendo cada uma ter objetivos diferentes.

Com relação à consideração da simulação termo energética juntamente com o processo de gerenciamento de energia, tem-se poucas propostas na literatura. Da mesma forma, softwares de simulação termo energética em geral, e o Energyplus (programa de simulação termo energética) em particular, são utilizados apenas para avaliação da eficiência energética de edificações.

De forma geral observa-se na literatura uma certa tendência no uso de técnicas de inteligência artificial para resolver o problema de gerenciamento de energia em edifícios inteligentes e micro grids. Quando busca-se a otimização do problema, os Algoritmos Genéticos têm sido bem utilizados. Finalmente, também ficou evidenciado nesta pesquisa a pouca utilização da simulação termo energética como forma de gerar dados de entrada para o sistema de gerenciamento de energia.

3 SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA PROPOSTO

3.1 Modelo de Otimização

O Sistema de Gerenciamento de Energia em Edifícios Inteligentes (SGEEI) proposto considera o gerenciamento de três cargas (iluminação, Ar-condicionado e computadores), além de geração fotovoltaica local, baseada nos dados de Horas de Sol Pleno (HSP), obtidos do software Energyplus [19] para a região de interesse. O valor de HSP se refere às horas do dia onde a irradiação solar é igual ou superior a 1000 W/m². O modelo matemático de otimização implementado no SGEEI considera também as 12 horas de funcionamento da edificação, o valor da tarifa de ponta R\$ 1,23/ kWh , a tarifa fora de ponta de R\$ 0,299 / kWh e a energia consumida da rede distribuição (Prede), sendo representado pelas equações abaixo:

$$\text{minizar custo total} = \min\left(\sum_{i=1}^{12} (\text{tarifa}_i * \text{Prede}_i)\right)$$

Sujeito às restrições:

$$NL_{\min} < NL_i \leq 260$$

$$NAC_{\min} < NAC_i \leq 30$$

$$NPC_{\min} < NPC_i \leq 600$$

$$\text{Demanda}_{\text{Contratada}} \leq P_{\text{rede}} \leq 1,05 * \text{Demanda}_{\text{Contratada}}$$

Onde:

$$\text{Prede}_i = \text{Pequipamentos}_i - \text{PGFV}_i$$

$$\text{Pequipamentos}_i = \sum_1^{12} (NL_i \cdot PL + NAC_{is} \cdot Pac + NPC_i * Ppc)$$

Nas primeiras três restrições acima, os valores de NL_{\min} , NAC_{\min} e NPC_{\min} são valores de entrada que podem ser baseados nos resultados obtidos com o software Energyplus, para cada hora do dia, para a região de interesse (Cuiabá).

A quarta restrição envolve a tarifa de ultrapassagem, indicando que a potência consumida da rede de distribuição de energia, em cada hora, está condicionada á demanda contratada da concessionária, devendo ser no máximo 5% acima da demanda contratada.

A variável PGFV_i representa a geração fotovoltaico em cada hora i , sendo dado pelo produto do número de placas. Potência de cada placa (260 W) e valor do HSP (horas de sol pleno obtidas do Energyplus) previsto para a hora i .

Os valores obtidos em Pequipamentos são resultados do produto do número de equipamentos e potência correspondente, onde:

- NL_i representa o número de lâmpadas ligadas na hora i
- NAC_i representa o número de ar condicionados ligados na hora i
- NPC_i representa o número de computadores ligados na hora i
- As potências acima consideradas são: $PL=40$ W, $Pac=1400$ W e $Ppc=200$ W.

Como pode ser observado nas equações acima, o modelo de otimização proposto busca a minimização dos gastos com a energia da rede de distribuição, sendo que ao mesmo tempo busca maximizar a geração fotovoltaica gerada localmente. A implementação deste modelo foi feita utilizando-se Algoritmos Genéticos (AG), conforme será detalhado na próxima seção.

3.2 Algoritmo Genético

O AG desenvolvido seguiu os passos descritos na Figura 1, mostrada a seguir.

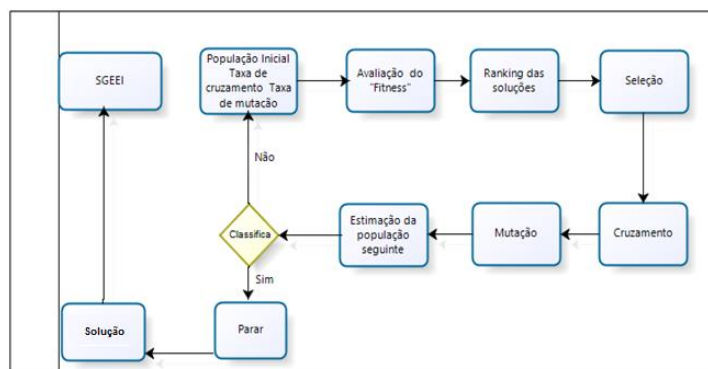


Figura 1 – Fluxograma do AG desenvolvido para o SGEEI

Com relação à Figura 1, cabe os seguintes comentários:

- Para o crossover, o número de pontos de cruzamento é escolhido aleatoriamente entre 2 e 18, com uma distribuição uniforme;
- A pressão, no método de seleção por torneio binário, estabelece a chance de seleção do indivíduo mais apto entre os dois indivíduos escolhidos aleatoriamente da população;
- Para a função *fitness*, cada restrição não atendida é acumulada em uma variável denominada falha, sendo contabilizada como distância de quebra. Por exemplo, se o número de lâmpadas mínimo é 20 e é gerada uma solução com 5 lâmpadas, o valor 15 será somado à variável falha. Ao término do somatório das 12 horas, caso alguma restrição não tenha sido satisfeita, o *fitness* será o valor de falha multiplicado por -1. Caso contrário, o *fitness* será o inverso ($1/f(x)$) da função objetivo.

O cromossomo é composto pelos elementos NL, NAC e NPC, os quais são as variáveis de decisão do problema de otimização, denotando quantidades de equipamentos ligados, como ilustrado na Figura 2, apresentada a seguir.

NL ₁	...	NL ₁₂	NAC ₁	...	NAC ₁₂	NPC ₁	...	NPC ₁₂
-----------------	-----	------------------	------------------	-----	-------------------	------------------	-----	-------------------

Figura 2 - Proposta do cromossomo com 36 alelos.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 Configurações Gerais

O programa desenvolvido permite simulações buscando encontrar o consumo mais adequado da edificação, considerando o uso de lâmpadas, ar-condicionados e computadores (PC), buscando encontrar o número otimizado destes equipamentos ligados. Os seguintes parâmetros do AG são utilizados como dados de entrada para o programa:

- População inicial;
- Número máximo de gerações;
- Taxa de mutação;
- Taxa de crossover;
- Pressão do torneio.

Além dos dados do AG, são necessários os seguintes dados de entrada do problema:

- Número de placas fotovoltaicas e potência de pico da placa em Watts;
- Número de lâmpadas (mínimo e máximo);
- Número de ar-condicionados (mínimo e máximo);
- Número de computadores (mínimo e máximo);
- Demanda contratada em Watts;
- Percentual de ultrapassagem da demanda (%);
- Tarifa fora de ponta (R\$ / kWh);
- Tarifa na ponta (R\$ / kWh);

- Vetor HSP (Horas de sol pleno – 12 valores).

Os seguintes valores foram mantidos em todas as simulações para os parâmetros do AG. Estes valores foram obtidos a partir da avaliação dos resultados obtidos para o caso base:

- População inicial: 1000 indivíduos
- Número máximo de gerações: 2000
- Taxa de mutação: 0.01
- Taxa de crossover: 0.80
- Pressão do torneio: 0.80

Com relação aos parâmetros elétricos, foram considerados os seguintes para todas as simulações:

- Número de placas fotovoltaicas: 169
- Potência de pico de cada placa: 260 W
- Número máximo de lâmpadas: 260
- Número máximo de ar-condicionados: 30
- Número máximo de computadores: 600
- Percentual de ultrapassagem da demanda (%): 1,05 (5%)
- Tarifa fora de ponta: 0,299 R\$ / kWh
- Tarifa na ponta: 1,23 R\$ / kWh

Os seguintes parâmetros tiveram seus valores alterados em função da simulação:

- Demanda contratada em Watts;
- Número mínimo de lâmpadas;
- Número mínimo de ar-condicionados;
- Número mínimo de computadores.

A partir da combinação destes parâmetros é possível executar inúmeras simulações práticas com os software desenvolvido. A seguir são apresentadas apenas duas simulações.

4.1 Simulação Caso Base

Neste caso foi considerado um vetor de HSP médio (dia de irradiação solar médio) em relação a todos os 365 dias gerados pelo Energyplus para a cidade de Cuiabá. Os valores de HSP encontrados são para um dia típico de 04/07 e tem os seguintes valores:

$$\text{HSPmédio} = [0,07 \ 0,13 \ 0,25 \ 0,51 \ 0,78 \ 0,88 \ 0,93 \ 0,86 \ 0,75 \ 0,5 \ 0,0 \ 0,0]$$

Com estes valores de HSP e considerando um percentual máximo de utilização dos equipamentos, sem que a função aptidão (fitness) fique negativa, sinalizando uma solução inviável, chegou-se a um valor para a demanda contratada contratada otimizada de 128 kW.

Com este vetor de HSP (12 horas de funcionamento da instituição) e de demanda contratada, obteve-se os seguintes valores máximos de utilização dos equipamentos as 15h00:

- Lâmpadas: 76,9%
- Ar-condicionados: 100%
- Computadores: 97,83 %

Com estes valores, obteve-se os seguintes números de equipamentos que podem ser ligados, por hora, minimizando o custo de energia e satisfazendo todas as restrições do problema, conforme Tabela 1.

TABELA I – RESULTADOS CASO BASE

Hora	No lâmpadas	No Ar-condicionados	No Computadores
8:00	81	16	530
9:00	73	19	527
10:00	251	19	515
11:00	129	24	576
14:00	202	28	587
15:00	200	30	587
16:00	212	30	593
17:00	254	27	591

19:00	88	29	597
20:00	190	26	532
21:00	191	15	507
22:00	202	16	498

4.2 Caso 2 – HSP Mínimo

Neste caso, o software Energyplus apresentou o dia 04/08 como pior cenário de geração fotovoltaica para a cidade de Cuiabá. Então, tem-se para este caso:

$$\text{HSP}_{\text{mínimo}} = [0,09 \ 0,15 \ 0,38 \ 0,18 \ 0,33 \ 0,26 \ 0,32 \ 0,20 \ 0,24 \ 0,10 \ 0,01 \ 0]$$

Com estes valores de HSP, demanda contratada de 128 kW, números mínimos de lâmpadas, ar-condicionados e computadores de 10% e demais parâmetros mantidos os mesmos, obteve-se os resultados apresentados no Tabela II.

TABELA II – RESULTADOS HSP MÍNIMO

Hora	No lâmpadas	No Ar-condicionados	No Computadores
8:00	74	18	525
9:00	150	21	509
10:00	181	24	528
11:00	151	19	528
14:00	111	22	530
15:00	126	19	540
16:00	192	21	536
17:00	44	25	503
19:00	170	25	488
20:00	194	17	507
21:00	98	21	492
22:00	70	17	439

Neste caso, obteve-se os seguintes usos máximos dos equipamentos e horários estimados:

- Lâmpadas: 74,6% as 20h00
- Ar-condicionados: 83,3% as 17h00
- Computadores: 90 % as 15h00.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de recursos computacionais (Energyplus e Sketchup) e técnicas de Algoritmos Genéticos possibilitou a simulação do edifício inteligente. Mesmo não tendo sido simulado toda a instituição, mas apenas um bloco, pode-se afirmar que caso o bloco fosse a instituição, a demanda contratada ideal seria de 128 kW, o que foi demonstrado na simulação 1 (caso base), considerando as três cargas simuladas (lâmpadas, ar-condicionados e computadores), o projeto de geração fotovoltaico proposto (sem inversor) e todas as restrições do modelo de otimização formulado.

Este trabalho evidenciou que os softwares de simulação termo energética, tais como o Energyplus, são fundamentais para gerar dados de entrada para sistemas de gerenciamento de cargas, como proposto neste trabalho. Isto ficou demonstrado não somente no projeto customizado da geração fotovoltaico, como para levantamento de cenários de iluminância, temperatura e irradiação solar (HSP) para simulação do sistema de gerenciamento de cargas proposto, baseado em AG.

Finalmente, demonstrou-se com este trabalho a viabilidade de desenvolvimento de um sistema de gestão de energia, visando o gerenciamento de cargas típicas de um ambiente escolar, satisfazendo restrições realísticas de demanda e da capacidade de geração fotovoltaica local; além de restrições de uso de cargas. Assim, com este trabalho está se contribuindo para a área de pesquisa dos edifícios inteligentes e cidades inteligentes.

6 REFERÊNCIAS

- [1] S.M. Amin and B.F. Wollemborg, "Toward a Smart Grid; power delivery for the 21st century", *IEEE Power & Energy*. Vol. 3. No 5, pp 34-41. 2005
- [2] S. Maeda, *Intelligent Buildings: a key solution for the 21st century office*, Ph. D. Thesis, University Stanford, Stanford, USA. 1993.
- [3] D.M. Gann and A.J. Salter, "Innovation in project-based, service-enhanced firms: the construction of complex products and systems". *Research policy*. Vol. 29, pp. 955-972. 2000.
- [4] DOE (2013), *United States Department of Energy*. Disponível em: <http://www.energy.gov/> Acesso em: maio 2015.
- [5] C.C.de B. Camargo, R.C.G. Teive, *Gerenciamento pelo lado da Demanda – Aspectos técnicos, econômicos, ambientais e políticas de conservação de energia*. Itajaí. Editora Univali, 2006.
- [6] A.N. Azmi and M.L. Kolhe, "Photovoltaic based active generator: Energy control system using stateflow analysis, (PEDS)", in *IEEE 11th International Conference on Power Electronics and Drive Systems*. Sydney. 2015.
- [7] A.M. Carreiro, C.H. Antunes, H.M. Jorge, "Energy smart house architecture for a smart grid," in *IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology*. Boston, USA. 2012.
- [8] J. Daekyo, R. Sungmin, K. Yoonkee, C. Byng-Deok, "Back to Results Korea Micro Energy Grid Technology", in *Network Operations and Management Symposium (APNOMS)*, 15th Asia-Pacific, Hiroshima, Japan. 2013.
- [9] J. Qing-Shan, S. Jian-Xiang, X. Zhan-Bo and G. Xiao-Hong, "Simulation-based policy improvement for power management in buildings", in *8th Asian Control Conference (ASCC)*. Kaohsiung. 2011.
- [10] S. Lannez, G. Foggia, M. Muscholl, J.C. Passelergue, C. Lebosse, K. Mercier, "Nice Grid: Smart grid pilot demonstrating innovative distribution network operation", in *IEEE PowerTech*. Grenoble. 2013.
- [11] F. Fernandes, T. Sousa, M. Silva, H. Morais, Z. Vale and P. Faria, "Genetic algorithm methodology applied to intelligent house control", in *IEEE Symposium on Computational Intelligence Applications In Smart Grid*. Paris. 2011.
- [12] G. Hug, S. Kar and W. Chenye, "Consensus + Innovations Approach for Distributed Multiagent Coordination in a Microgrid", *IEEE Transactions on Smart Grid*. Vol. 6. Issue 4. 2015.
- [13] L.C. Siebert, L.R. Ferreira, E.K. Yamakawa, E.S. Custódio, A.R. Aoki and T.S. Fernandes "Centralized and decentralized approaches to demand response using smart plugs", in *IEEE T&D Conference and Exposition*, pp. 1-5. 2014.
- [14] A. Anvari-Moghaddam, H. Monsef, A. Rahimi-Kian, "Optimal Smart Home Energy Management Considering Energy Saving and a Comfortable Lifestyle", *IEEE Transactions on Smart Grids*. Vol. 6. Issue 1. 2014.
- [15] C. Bustos, D. Watts and H. Ren, "MicroGrid Operation and Design Optimization With Synthetic Wins and Solar Resources". *IEEE Latin America*. Vol. 10. Issue 2. 2012.
- [16] A. Chaouachi, R.M. Kamel, R. Andoulsi and K. Nagasaka, "Multiobjective Intelligent Energy Management for a Microgrid", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. Vol. 60, Issue 4. 2012.
- [17] J. Xiao, J. Y. Chung, J. Li, R. Boutaba, J. Won-Ki Hong, "Near Optimal Demand-Side Energy Management Under Real-time Demand-Response Pricing, " in *International Conference on Network and Service Management*, Niagara Falls. EUA, pp. 527-532. 2010.
- [18] H.S.V, Nunna and S. Doolla, "Demand Response in Smart Distribution System With Multiple Microgrids", *IEEE Transactions on Smart Grid*, Vol. 3, Issue 4. pp.18-28. 2012.
- [19] A.G. Nazário e R.C.G. Teive, "Sistema de Gestão de Energia Elétrica utilizando o Energyplus: uma Aplicação voltada aos Edifícios Inteligentes", in *Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, SBSE 2016*. Natal, Br, PP. 1-6. 2016.