

Automação Domótica Simulada Utilizando Algoritmo Genético Especializado na Redução do Consumo de Energia

Abraão G. Nazário¹, Fábio R. A. Silva², Raimundo Teive³, Leonardo Villa¹, Antônio Flávio¹, João Zico¹, Eire Fragoso¹, Ederson F. Souza¹

¹Faculdade de Tecnologia SENAI MT (FATEC SENAI MT)
Cuiabá– MT– Brasil

²Instituto de Computação - Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)
Cuiabá - MT- Brasil

³Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI)
Itajaí - SC - Brasil

abraao.nazario@senaimt.edu.br, fabio-ricardo@outlook.com,
rteive@univali.br, leonardo.villa@senaimt.edu.br,
antonio.freitas@senaimt.edu.br, joaozicoliveira@gmail.com,
djeire@gmail.com, ederson.souza@senaimt.edu.br

Abstract. *This paper describes the development of a system for reducing the domestic electric energy usage by applying the genetic algorithms technique. The methodology consisted in creating testing sceneries, obtaining relevant data, in order to fulfill the objective of optimization, and the usage of a mathematical model, developed to calculate the energy consumption. The thermo-energetic simulations over the test-sceneries suggested, to the users of the application, improvements regarding domotic energy consumption, demonstrating the practical viability of the proposed solution.*

Resumo. *Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema para redução do consumo de energia elétrica residencial utilizando a técnica de algoritmos genéticos. A metodologia consistiu na criação de cenários de teste, obtenção de dados relevantes, para atingir os objetivos de otimização, e a utilização de um modelo matemático para o cálculo do consumo de energia. As simulações termo energéticas realizadas sob os cenários-teste, sugeriram aos usuários do sistema melhorias para a redução do consumo de energia doméstica, demonstrando a viabilidade prática da solução proposta.*

1. Introdução

A automação domótica refere-se a um sistema ou método pelo qual é possível controlar recursos existentes em uma residência, decidindo ações para automatizá-los ou aperfeiçoá-los através de sistemas eletrônicos mediante condições lógicas. As soluções proporcionam a economia de energia e uso racional dos recursos, além de conforto. O conhecimento de tais métodos é essencial para se encontrar um equilíbrio da oferta e demanda em micro grids e smart houses [Tonidandel 2004].

Este estudo, além de utilizar os recursos da automação domótica, tem como

objetivo efetuar um controle detalhado do consumo de energia através do uso de inteligência artificial e propor melhor aproveitamento dos recursos existentes, além de aperfeiçoar a eficiência energética na utilização de equipamentos elétricos.

A proposta se deu por meio do desenvolvimento de um sistema residencial de controle de energia elétrica para redução de custo, capaz de mensurar o consumo do quadro de distribuição e proporcionar a eficiência energética. O processo consistiu no desenvolvimento de uma aplicação para automação residencial, utilizando arquitetura do sistema domótica para gestão do consumo de energia elétrica através do controle de eletrodomésticos, eletroeletrônicos e iluminação residencial.

O sistema proporciona também a otimização do uso dos recursos existentes por meio da técnica de Algoritmos Genéticos [Rosa *et al* 2009], devido a sua característica de otimização global baseada na seleção natural biológica, que busca, estruturada e aleatoriamente, indivíduos com “alta-aptidão” [Carvalho 2009].

Os dados de entradas são baseados em dados coletados e gerados pelo framework Energyplus [Doe 2007]. Nos testes do sistema, utilizaram-se três diferentes cenários de residências localizadas na região de Cuiabá MT.

2. Arquitetura do Sistema

A modelagem da arquitetura do sistema foi definida como ilustrado na Figura 1.

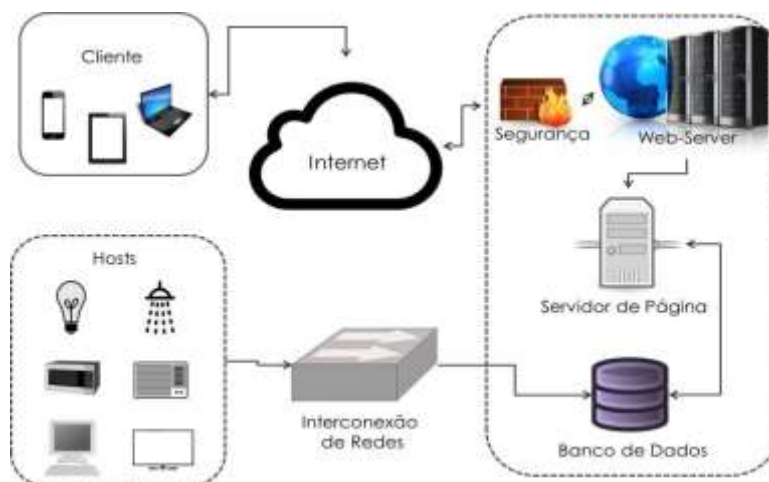


Figura 1 – Modelo da arquitetura do sistema.

Os clientes, através da internet, acessam o web-server, onde são autenticados pela camada de segurança que conecta o servidor à internet. Após essa etapa, o webservice faz uma requisição ao servidor de página, que por sua vez acessa os dados presentes na base de dados e retorna as informações hierarquicamente até que elas sejam recebidas pelo cliente.

Em relação à fonte dos dados, os hosts são interligados ao quadro de distribuição de energia, que por sua vez é gerenciado por micro controladores. Por meio da interconexão de redes, os dados provenientes dos sensores serão enviados ao sistema de automação domótica, onde poderão ser manipulados através da utilização da técnica de inteligência artificial.

3. Metodologia

3.1. Simulação do Estado Inicial

A utilização de recursos computacionais Energyplus e SketchUp [Lamberts *et al* 2010], foram fundamentais para simulação da oferta e demanda de energia da residência, permitindo a simulação do gasto elétrico, dos componentes térmicos e lumínicos. O Energyplus permite realizar a simulação por hora, integrando o cálculo da energia fotovoltaica, levando em consideração as horas de sol pleno (HSP), temperatura da região, e o índice de iluminação diária ao longo do ano.

Já o SketchUp possibilita a modelagem computacional 2D e 3D. A integração deste software aos módulos e plug-ins do Energyplus, por meio da funcionalidade do SketchUp que permite a importação e exportação dos dados gerados pelo Energyplus, contribui para o estudo sobre o sistema fotovoltaico da residência [Nazário *et al* 2016]. A Figura 2 ilustra o modelo de uma residência-teste desenvolvido no software SketchUp.



Figura 2 – Modelo arquitetônico da residência.

3.2. Obtenção das Cargas Relevantes

A partir da pesquisa de campo, foram analisadas as principais cargas (equipamentos) relevantes que afetam significativamente o consumo de energia em residências: 1- o sistema de refrigeração, 2 - o sistema de iluminação, e 3 – chuveiros elétricos. Para análise, foram consideradas as quantidades de aparelhos elétricos e a estimativa da utilização diária destes dentro de um mês, para obtenção dos gastos em kWh, conforme descrito na Tabela 1. [CEMIG 2014]

Tabela 1 – Descrição, utilização (horas) e gasto (kW) dos eletrônicos.

Aparelhos Elétricos	Potência (W)	Dias	Horas	kW/h
Ar-condicionado (AC) 12k BTUs	1450	30	24	34,80
Lâmpadas fluorescentes (L)	40	30	5	0,96
Chuveiro (CHUV)(10 min)	875	30	0,66	21,00

3.3. Modelo Matemático

Considerando a técnica de algoritmos genéticos para minimização dos gastos da residência, foi implementado o modelo matemático proposto por [Teive *et al* 2017] dado pela seguinte formulação:

$$\text{minimizar custo total} = \min \left(\sum_{i=1}^{24} (\text{tarifa} * \text{Prede}_i) \right) \quad 1$$

Onde:

tarifa = preço do kWh para residências em Cuiabá-MT (R\$ 0,51);

Prede_i = diferença entre Pequipamentos_i , dado pela soma dos produtos das quantidades e potências de equipamentos e a potência gerada pelas placas fotovoltaicas. Para este problema, usaram-se oito placas com capacidade de geração de 260 W.

$$\text{Pequipamentos}_i = \sum_{i=1}^{24} (NL_i * PL + NAC_i * PAC + NCHUV_i * PCHUV) \quad 2$$

Sujeito às restrições:

$$P_{Lmin} < NL_i \leq 20$$

$$P_{ACmin} < NAC_i \leq 20$$

$$P_{CHUVmin} < NCHUV_i \leq 20$$

$$\text{Demanda}_{\text{Contratada}} \leq 30\text{kW}/\text{dia}$$

Os valores de P_{Lmin} , P_{ACmin} e $P_{CHUVmin}$ são baseados nos resultados obtidos com o software Energyplus, para cada hora do dia, para a região de interesse (Cuiabá).

Como resultado final, temos o gasto em R\$ (real) minimizado ao dia.

3.4. Implementação

O Algoritmo Genético foi implementado na linguagem de programação Java, com o auxílio da biblioteca Jenetics, que visa minimizar ou maximizar determinada função fitness. Em contraste com outros frameworks, Jenetics se utiliza do conceito de “fluxo evolutivo” para execução dos passos de evolução. [Wilhelmstötter 2016]

Inicialmente, considerou-se três cenários, cada um possuindo uma determinada casa contemplada pelos equipamentos presentes na Tabela 1, com diferentes quantidades de moradores, equipamentos e utilização do chuveiro ao dia (em horas), como descrito na Tabela 2.

Tabela 2 – Esquematização dos equipamentos por casa.

Casa	Quartos	Crianças	Adultos	AC	L	CHUV Utilização diária (h)
1	1	0	1	1	3	0.66
2	3	4	2	3	5	1.32
3	2	1	2	2	4	1.98

Nesta formulação, o cromossomo é formado pelas quantidades totais de equipamentos elétricos de determinada casa, como ilustrado na Tabela 3. Este cromossomo é então enviado à função de avaliação.

Tabela 3 – Esquematização dos cromossomos.

AC1	...	AC24	L1	...	L24	CHUV1	...	CHUV24
-----	-----	------	----	-----	-----	-------	-----	--------

Onde o cromossomo possui 72 alelos:

AC1	Número de Ares-condicionados ligados na hora 1;
AC24	Número de Ares-condicionados ligados até a hora 24;
L1	Número de Lâmpadas ligadas na hora 1;
L24	Número de Lâmpadas ligadas até a hora 24;
CHUV1	Número de Chuveiros ligados na hora 1;
CHUV24	Número de Chuveiros ligados até a hora 24.

A função fitness, ou função de avaliação, é o coração de um Algoritmo Genético. É através dela que o algoritmo avalia a aptidão ou não de um indivíduo [Álvares 2006]. Para os propósitos deste projeto, a função utilizada visa buscar o indivíduo com menor diferença entre o gasto diário (em kW) e a energia gerada pelas placas fotovoltaicas a cada hora do dia.

Definida a função, a biblioteca requer a especificação da população máxima a ser gerada, bem como a quantidade máxima de gerações até que o algoritmo encontre o indivíduo a ser selecionado. Nesta simulação, foram geradas mil populações com mil indivíduos cada.

Após a execução do algoritmo genético e o melhor indivíduo ter sido selecionado pelo mesmo, aplica-se então as regras para redução dos gastos. São elas:

- Caso a temperatura seja inferior a 30°C, os ares-condicionados ligados devem ser reduzidos em 30%;
- Caso o valor de horas de sol pleno (HSP) seja igual ou superior ao HSP médio, ou seja, se a luminosidade em determinada hora do dia for alta, as lâmpadas ligadas devem ser reduzidas pela metade;
- Caso a temperatura seja superior a 33°C, os chuveiros devem operar no modo desligado, reduzindo seu gasto em 100%, uma vez que o clima da região favorece o aquecimento da água de forma natural.

Finalizada essa etapa, o programa retorna, em um arquivo .CSV, os gastos otimizados em reais (R\$), em kW e as quantidades máximas de equipamentos elétricos que podem estar ligados em cada hora do dia, para que a otimização seja efetiva.

4. Resultados e Discussão

A coleta de resultados se deu através de três diferentes simulações. Para cada uma delas, consideraram-se os dados do dia com menor índice de luminosidade em todo o ano, 07/Jan. As simulações se deram como descrito a seguir:

4.1. Simulação 1

Nesta primeira simulação, considerou-se o cenário da Casa 1, da Tabela 2 deste artigo, obtendo-se os resultados ilustrados na Figura 3 e Tabela 4 abaixo:

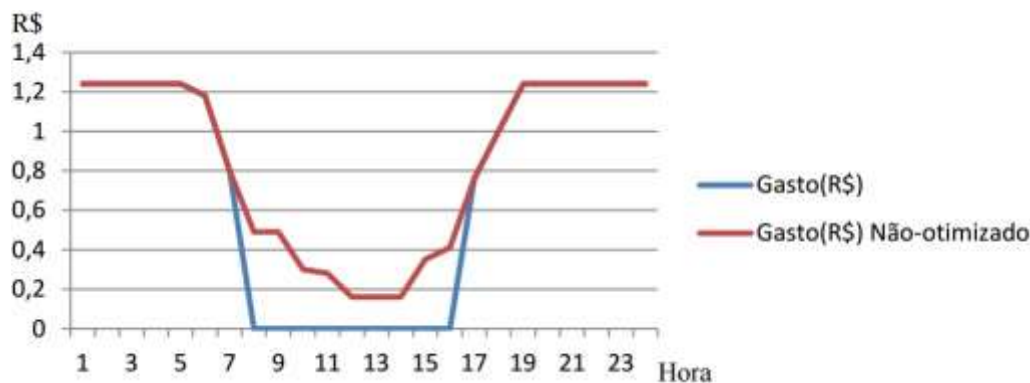


Figura 3 - Gráfico de otimização do consumo elétrico na Casa 1.

Tabela 4 – Quantidade de equipamentos sugeridos para a Casa 1.

Data	L	AC	CHUV*	Gasto(kW)	Gasto(kW) Não-otimizado	Gasto(R\$)	Gasto(R\$) Não-otimizado
01/07 01:00:00	3	1	1	2,45	2,45	1,24	1,24
01/07 02:00:00	3	1	1	2,45	2,45	1,24	1,24
01/07 03:00:00	3	1	1	2,45	2,45	1,24	1,24
01/07 04:00:00	3	1	1	2,45	2,45	1,24	1,24
01/07 05:00:00	3	1	1	2,45	2,45	1,24	1,24
01/07 06:00:00	3	1	1	2,32	2,32	1,18	1,18
01/07 07:00:00	3	1	1	1,57	1,57	0,8	0,8
01/07 08:00:00	0	0	0	0	0,97	0	0,49
01/07 09:00:00	0	0	0	0	0,97	0	0,49
01/07 10:00:00	0	0	0	0	0,59	0	0,30
01/07 11:00:00	0	0	0	0	0,55	0	0,28
01/07 12:00:00	0	0	0	0	0,32	0	0,16
01/07 13:00:00	0	0	0	0	0,32	0	0,16
01/07 14:00:00	0	0	0	0	0,32	0	0,16
01/07 15:00:00	0	0	0	0	0,7	0	0,35
01/07 16:00:00	0	0	0	0	0,8	0	0,41
01/07 17:00:00	3	1	1	1,49	1,49	0,76	0,76
01/07 18:00:00	3	1	1	1,97	1,97	1,00	1,00
01/07 19:00:00	3	1	1	2,45	2,45	1,24	1,24
01/07 20:00:00	3	1	1	2,45	2,45	1,24	1,24
01/07 21:00:00	3	1	1	2,45	2,45	1,24	1,24
01/07 22:00:00	3	1	1	2,45	2,45	1,24	1,24
01/07 23:00:00	3	1	1	2,45	2,45	1,24	1,24
01/07 24:00:00	3	1	1	2,45	2,45	1,24	1,24

*Quantidade de vezes que o chuveiro poderia ser utilizado.

Pode-se perceber, que neste determinado dia, uma residência com somente um morador pode economizar o equivalente a 13,87% do consumo elétrico. Percebe-se também que neste dia de pouca luminosidade, a geração de energia das placas dessa casa foi insuficiente, devido à otimização sugerida pelo algoritmo no período compreendido entre às 8h e 16h, havendo redução considerável na quantidade de equipamentos ligados.

4.2. Simulação 2

Nesta segunda simulação, considerou-se o cenário da Casa 2, da Tabela 2 deste artigo, obtendo-se os resultados ilustrados na Figura 4 e Tabela 5 abaixo:

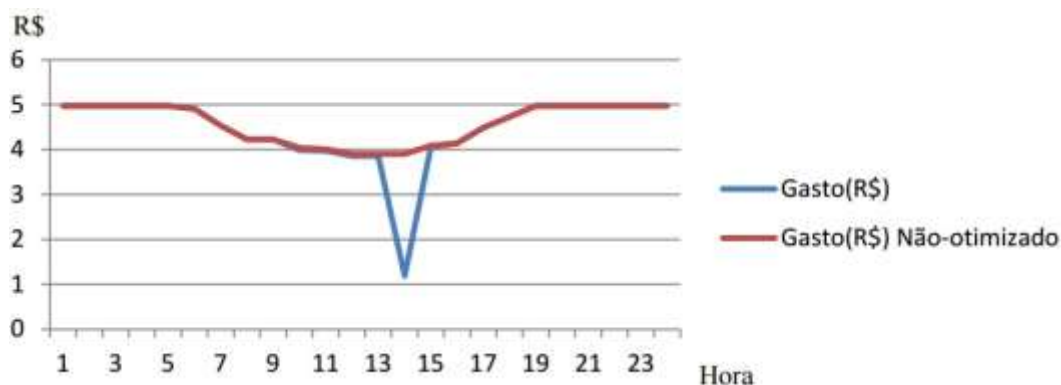


Figura 4 - Gráfico de otimização do consumo elétrico na Casa 2.

Tabela 5 – Quantidade de equipamentos sugeridos para a Casa 2.

Data	L	AC	CHUV*	Gasto(kW)	Gasto(kW) Não-otimizado	Gasto(R\$)	Gasto(R\$) Não-otimizado
01/07 01:00:00	5	3	6	9,8	9,8	4,97	4,97
01/07 02:00:00	5	3	6	9,8	9,8	4,97	4,97
01/07 03:00:00	5	3	6	9,8	9,8	4,97	4,97
01/07 04:00:00	5	3	6	9,8	9,8	4,97	4,97
01/07 05:00:00	5	3	6	9,8	9,8	4,97	4,97
01/07 06:00:00	5	3	6	9,68	9,68	4,91	4,91
01/07 07:00:00	5	3	6	8,93	8,93	4,53	4,53
01/07 08:00:00	5	3	6	8,32	8,32	4,23	4,23
01/07 09:00:00	5	3	6	8,32	8,32	4,23	4,23
01/07 10:00:00	3	3	6	7,87	7,95	3,99	4,04
01/07 11:00:00	3	3	6	7,83	7,91	3,97	4,01
01/07 12:00:00	3	3	6	7,60	7,68	3,86	3,90
01/07 13:00:00	3	3	6	7,60	7,68	3,86	3,90
01/07 14:00:00	3	3	0	2,35	7,68	1,19	3,90
01/07 15:00:00	3	3	6	7,97	8,05	4,05	4,09
01/07 16:00:00	5	3	6	8,16	8,16	4,14	4,14
01/07 17:00:00	5	3	6	8,84	8,84	4,49	4,49
01/07 18:00:00	5	3	6	9,32	9,32	4,73	4,73
01/07 19:00:00	5	3	6	9,8	9,8	4,97	4,97

01/07 20:00:00	5	3	6	9,8	9,8	4,97	4,97
01/07 21:00:00	5	3	6	9,8	9,8	4,97	4,97
01/07 22:00:00	5	3	6	9,8	9,8	4,97	4,97
01/07 23:00:00	5	3	6	9,8	9,8	4,97	4,97
01/07 24:00:00	5	3	6	9,8	9,8	4,97	4,97

*Quantidade de vezes que o chuveiro poderia ser utilizado.

Já na segunda casa, onde há seis moradores, a economia de energia em um dia de pouca luminosidade pode chegar a 2,66%. Pode-se perceber que neste dia, a geração de energia das placas dessa casa foi alta o suficiente para manter pelo menos metade dos equipamentos ligados no período compreendido entre às 10h e 15h, não havendo redução tão impactante na quantidade de equipamentos ligados e, de igual modo, na economia diária.

4.3. Simulação 3

Nesta terceira simulação, considerou-se o cenário da Casa 3, da Tabela 2 deste artigo, obtendo-se os resultados ilustrados na Figura 5 e Tabela 6 abaixo:

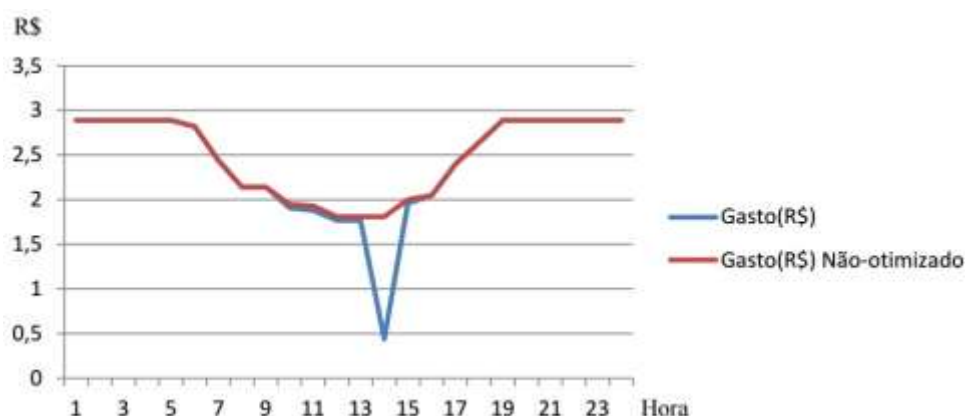


Figura 5 - Gráfico de otimização do consumo elétrico na Casa 3.

Tabela 6 – Quantidade de equipamentos sugeridos para a Casa 3.

Data	L	AC	CHUV*	Gasto(kW)	Gasto(kW) Não-otimizado	Gasto(R\$)	Gasto(R\$) Não-otimizado
01/07 01:00:00	4	2	3	5,69	5,69	2,89	2,89
01/07 02:00:00	4	2	3	5,69	5,69	2,89	2,89
01/07 03:00:00	4	2	3	5,69	5,69	2,89	2,89
01/07 04:00:00	4	2	3	5,69	5,69	2,89	2,89
01/07 05:00:00	4	2	3	5,69	5,69	2,89	2,89
01/07 06:00:00	4	2	3	5,56	5,56	2,82	2,82
01/07 07:00:00	4	2	3	4,81	4,81	2,44	2,44
01/07 08:00:00	4	2	3	4,21	4,21	2,14	2,14
01/07 09:00:00	4	2	3	4,21	4,21	2,14	2,14
01/07 10:00:00	2	2	3	3,75	3,83	1,91	1,95
01/07 11:00:00	2	2	3	3,71	3,79	1,88	1,93
01/07 12:00:00	2	2	3	3,48	3,56	1,77	1,81

01/07 13:00:00	2	2	3	3,48	3,56	1,77	1,81
01/07 14:00:00	2	2	0	0,86	3,56	0,44	1,81
01/07 15:00:00	2	2	3	3,86	3,94	1,96	2,00
01/07 16:00:00	4	2	3	4,04	4,04	2,05	2,05
01/07 17:00:00	4	2	3	4,73	4,73	2,40	2,40
01/07 18:00:00	4	2	3	5,21	5,21	2,64	2,64
01/07 19:00:00	4	2	3	5,69	5,69	2,89	2,89
01/07 20:00:00	4	2	3	5,69	5,69	2,89	2,89
01/07 21:00:00	4	2	3	5,69	5,69	2,89	2,89
01/07 22:00:00	4	2	3	5,69	5,69	2,89	2,89
01/07 23:00:00	4	2	3	5,69	5,69	2,89	2,89
01/07 24:00:00	4	2	3	5,69	5,69	2,89	2,89

***Quantidade de vezes que o chuveiro poderia ser utilizado.**

Na terceira e última casa, onde há três moradores, a economia de energia no dia em questão pode chegar a 2,64%. Esta economia pode ser identificada no período compreendido entre as 10h e 15h.

Em todas as simulações, as quantidades máximas de lâmpadas que podem estar ligadas são consideravelmente alta, isso é explicado pela baixa luminosidade natural nesse dia. Percebe-se também, redução dos ares-condicionados ligados. Pressupõe-se então, que este era um dia nublado e de temperaturas amenas.

5. Conclusões

Este artigo visou à redução do gasto de energia, aprimorando os recursos existentes em residências e facilitando aos usuários o controle do consumo de energia. Isso ocasionou a possibilidade de diminuição da fatura ao final do mês em até 10% nos casos simulados e, conseqüentemente, reduziu impactos ambientais, sociais e econômicos.

A metodologia utilizada pôde ser comprovada através das simulações, indicando que o gasto resultante da técnica proposta se manteve sempre abaixo do gasto não otimizado, sustentado o estudo aqui discutido.

O sistema mostrou-se viável, pois conseguiu atingir o objetivo principal, que era a proposta de otimização do consumo de energia elétrica através da simulação em ambiente doméstica, com resultados satisfatórios ao dia, mês e ano, além de indicar as quantidades máximas de equipamentos que podem estar ligados a cada hora, bem como seus consumos em kW e valores em R\$ (reais).

6. Trabalhos Futuros

Como trabalho futuro, propõe-se a integração desta técnica a um aplicativo móvel para automação residencial, que efetuará o controle, por meio de Arduinos, dos eletrodomésticos, sistemas de iluminação e refrigeração da residência, além de usar

dados em tempo real para tomada de decisão. Como principal benefício, tem-se a flexibilidade que esse modelo oferece no que diz respeito ao controle de equipamentos através de rede e sensores, podendo assim, escalar tanto em nível de recursos de hardware quanto software para atender às necessidades das residências e seus usuários.

Referências

- Alvares, L. O. (2006). “Sistemas Multi-agentes”, <http://www.inf.ufrgs.br/~alvares/INF01048IA/SistemasMultiagentes.pdf>, Dezembro.
- Carvalho, A. P. L. F., (2009). “Características Gerais dos AGs”. <http://conteudo.icmc.usp.br/pessoas/andre/research/genetic/#cara>. Março.
- Cemig (2014) “Energia Inteligente: Guia do melhor consumo”, http://www.trt3.jus.br/socioambiental/downloads/GUIA_MELHOR_CONSUMO_CARTILHA_CEMIG.pdf, Dezembro.
- Doe (2007). “Energyplus” <https://energy.gov/eere/buildings/downloads/energyplus-0> .
Dezembro.
- Lamberts, R. et al (2010). “Casa eficiente : Consumo e geração de energia – LabEEE”.
- Nazário, G. A., Teive, R. C. G (2016). “Sistema de Gestão de Energia Elétrica Utilizando o EnergyPlus: uma Aplicação Voltada aos Edifícios Inteligentes ”, http://www.dca.ufrn.br/eventos/AnaisSBSE2016/PDF/SBSE2016-0283_035721.pdf.
Dezembro.
- Rosa, T. O. et al (2009). “Conceitos Básicos de Algoritmos Genéticos: Teoria e Prática”. http://www3.ulbrato.br/eventos/encoinfo/2009/Anais/Conceitos_Basicos_de_Algoritmos_Geneticos_Teoria_e_Pratica.pdf. Março.
- Teive, R. C. G., Nazário, G. A. (2017) “Sistema de gerenciamento de energia elétrica utilizando simulação termo energética e algoritmos genéticos: uma aplicação voltada aos edifícios inteligentes”. XVII ERIAC DECIMOSÉPTIMO ENCUESTRO REGIONAL IBEROAMERICANO DE CIGRÉ.
- Tonidandel, F., Takiuchi, M., Melo, E. (2004). “Domótica Inteligente: Automação baseada em comportamento”. Congresso Brasileiro de Automática.
- Wilhelmstötter, F. (2016). “JENETICS Library user’s manual”, <http://jenetics.io>,
Dezembro.