

***MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM EDIFÍCIO POR
MEIO DO DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE
ILUMINAÇÃO A LED ALIMENTADO POR PAINÉIS
FOTOVOLTAICOS***

***Improving the Energy Efficiency of a Building, Sizing a System of Led
Lighting Powered by Photovoltaic Panels***

Túlio Pereira da Silva, Walteno Martins Parreira Júnior

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o propósito de contribuir com a melhoria da eficiência energética da biblioteca *Vânia Aparecida de Moraes Jacob*, localizada no campus da Universidade do Estado de Minas Gerais, na cidade de Ituiutaba, Minas Gerais. A eficiência energética é a utilização racional de energia, promovendo-se a mesma quantidade de valor energético e considerando-se sua utilização. Para o ambiente de estudo da biblioteca, a solução proposta foi o dimensionamento de um sistema de iluminação com lâmpadas LED, alimentadas por um conjunto de placas fotovoltaicas. Posteriormente, realizou-se a simulação do nível de eficiência energética, por meio do software on-line s3e, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), obtendo-se a etiquetagem de edifício; procedimento este incentivado para a redução do consumo energético do país. O PROCEL tem um programa de etiqueta de Eficiência Energética em Edificações. Para receber a etiqueta, as edificações são avaliadas em três níveis de eficiência: envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar. O objetivo é diminuir o ganho de calor pela envoltória do edifício e, ao mesmo tempo, aproveitar melhor a iluminação e a ventilação naturais; o que leva a um consumo menor de energia elétrica, além de incentivar o uso da energia solar e o consumo racional de água.

PALAVRAS-CHAVES: Energia Fotovoltaica. Luminária LED. Etiquetagem de Edifícios.

ABSTRACT

This work was developed with the aim of contributing to improve the energy efficiency of the library *Vânia Aparecida de Moraes Jacob*, in the campus of the University of the State of Minas Gerais, located in Ituiutaba, Minas Gerais. Energy efficiency is the

rational use of energy, promoting the same amount of energy and considering its use. To study the environment of the library, the proposed solution was to design a lighting system with LED lights, powered by a photovoltaic array. After that, the level of energy efficiency was simulated, by means of the software on-line s3e of the Federal University of Santa Catarina (FUSC), to obtain the building labeling; this is the recommended procedure for the reduction of energy consumption of the country. The PROCEL has a program for labeling Energy Efficiency in Buildings. To get this label, the buildings are assessed at three levels of efficiency: envelope, lighting system and air-conditioning system. The purpose is reducing the heat gain by enveloping the building and, at the same time, using better natural lighting and ventilation; which leads to less consumption of electrical energy, in addition to stimulate the use of solar energy and the rational consumption of water.

Keywords: Photovoltaic energy. LED luminaire. Labeling of Building.

INTRODUÇÃO

Pode se dizer que a eficiência energética é encontrada na relação da energia consumida e produzida, e como é utilizada. Considera-se desperdício desde o uso inadequado dos aparelhos elétricos, até a escolha de um construtor de materiais baratos, que não remetem à sua função – como o caso da isolamento térmica – e criam a necessidade de sistemas de condicionamento de ar.

Como escreve FREITAS (2012), a compreensão do que envolve a eficiência energética e de como implementar iniciativas de economia fez com que fossem definidos dois tipos de conduta de eficiência energética: a eficiência energética passiva e, ainda mais significativamente, a eficiência energética ativa.

A instalação de um sistema de iluminação, de baixo consumo, exemplifica medidas passivas de eficiência energética. Sistemas controlados de iluminação, em que se alcança a máxima eficiência, demonstra um sistema de eficiência ativa.

O Brasil vem desenvolvendo medidas de eficiência energética. Uma delas, o PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), criado em 1985 pelo Ministério das Minas e Energia e consolidado em 1991, com objetivo de racionalização da produção e do consumo de energia elétrica.

O PROCEL tem como subprograma a etiqueta de Eficiência Energética em Edificações; desenvolvido em parceria com a Eletrobrás e o Inmetro. Para receber a etiqueta, as edificações são avaliadas em três níveis de eficiência: envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar. O objetivo é o de diminuir o ganho de calor, pela envoltória do edifício, e, ao mesmo tempo, aproveitar melhor a iluminação e a ventilação naturais, levando a um menor consumo de energia elétrica; além de incentivar o uso de energia solar e o consumo racional de água.

Inicialmente implantada de forma gradual e voluntária, a etiquetagem passará a obrigatória. Assim, os prédios serão classificados de A a E, sendo A o nível mais eficiente.

Este artigo propõe um projeto luminotécnico, utilizando-se lâmpadas LED, alimentadas por painéis fotovoltaicos, em que se apresentam os cálculos para a obtenção deste sistema. Posteriormente, será feita a simulação deste sistema, utilizando-se o software S3e – hospedado no sítio www.s3e.ufsc.br –, a fim de se obter a etiquetagem do edifício.

MATERIAL E MÉTODOS

Projeto luminotecnico

Quase 50% da energia elétrica consumida no Brasil são utilizados por edificações residenciais, comerciais e públicas; 44% são consumidos por sistemas de iluminação (GOULART, 20--, p. 8-9). Pelo uso racional de energia no edifício, além de projetos inovadores, buscam-se a diminuição no consumo dos usos finais de iluminação e a incorporação de fontes renováveis de energia. Edificações energeticamente mais eficientes somente são possíveis por meio de projetos que incluam critérios de eficiência energética.

Conceitos básicos utilizados

Fluxo luminoso é a radiação total da fonte luminosa, entre os limites de comprimento de onda mencionados (380 e 780nm). O fluxo luminoso é a quantidade de luz emitida por uma fonte, medida em lúmens, na tensão nominal de funcionamento (OSRAM, 200-).

Eficiência luminosa - As lâmpadas diferenciam-se não apenas pelos diferentes fluxos luminosos que irradiam (Figura 1), mas também pelas diferentes potências que consomem. Para compará-las, é necessário saber quantos lúmens são gerados por watt absorvido. A esta grandeza, dá-se o nome de Eficiência Energética (OSRAM, 200-).

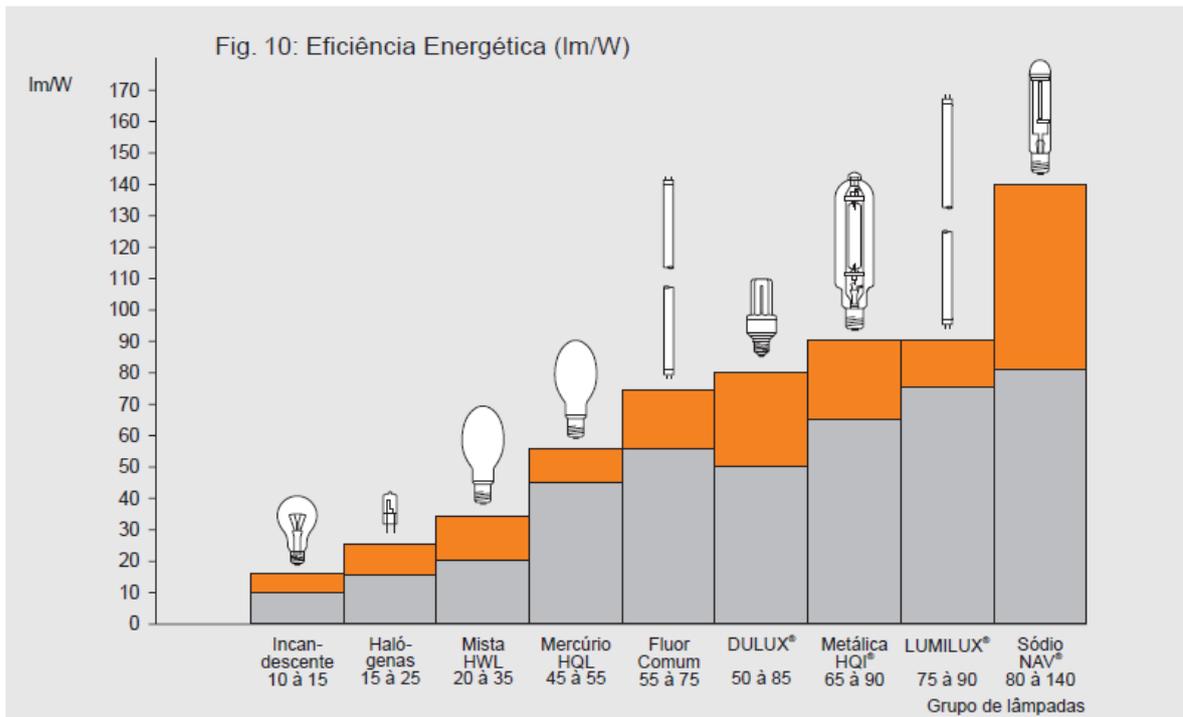


Figura 1 - Eficiência energética com unidade em lúmens / Watt
 Fonte: OSRAM (200-)

Iluminância (Iluminamento) - A luz que uma lâmpada irradia, relacionada à superfície em que incide, define uma nova grandeza luminotécnica, denominada Iluminamento ou Iluminância. Expressa em lux (lx), indica o fluxo luminoso de uma fonte de luz que incide sobre uma superfície situada a certa distância desta fonte. Na prática, é a quantidade de luz em um ambiente. Há normas para especificar o valor mínimo de Em, para ambientes diferenciados pelas atividades exercidas, relacionadas ao conforto visual. (OSRAM, 200-).

Potência Total Instalada é a somatória da potência de todos os aparelhos instalados na iluminação (reatores, transformadores ou ignitores).

Densidade de Potência é a potência total Instalada em watt para cada metro quadrado de área. Esta grandeza é muito útil para os futuros cálculos de dimensionamento de sistemas de ar-condicionado ou mesmo dos projetos

elétricos de uma instalação. (OSRAM, 200-)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dimensionamento da iluminação proposta

O projeto a seguir baseia-se nas normas NBR-5413, que se referem a projetos luminotécnicos. Neste projeto, foram utilizadas lâmpadas de LED, cujos dados técnicos estão demonstrados no Quadro 1:

Modelo	LED176-FLUOR- T8 – BR6500K – 18w BIVOLT
Potência (W)	18
Tensão (Vac)	100 ~ 240
Base	G13
Quantidade de LEDs	176
Emissão de cor	Branca – 6500K
Abertura de Facho	120°
Fluxo luminoso (lm)	1690
Eficiência Energética	98

Quadro 1 - Dados técnicos dos LEDs escolhidos
Fonte: Avant (2013)

Para uma biblioteca com uma área de 60,45m², levando-se em consideração que as luminárias estão instaladas a 2,20m do plano de trabalho, ou seja, das carteiras da sala de leitura, de acordo com a NBR-5413 (ABNT, 1992), para esta sala de leitura, a quantidade de fluxo luminoso, mínimo necessário, será de 300 a 750 lm/m². Contudo, nos cálculos, serão utilizados 300 lm /m².

Para descobrir a quantidade necessária de lâmpadas de LED para atingir a especificação da norma, deve-se multiplicar o fluxo luminoso pela área do recinto ($300 \times 506 = 151.800$ lumens). Em seguida, dividindo-se este valor pela quantidade de lumens de uma única lâmpada, será encontrado o total de 90 lâmpadas.

Como cada lâmpada consome 18 W de potência, para um total de 90 lâmpadas seriam necessários 1620 W de potência ou 1,62 KW. Pode-se obter também o valor da densidade de potência ($1,62 \times 1000 / 506 = 3,2$).

Projeto fotovoltaico

O Sol é a principal fonte de energia de nosso Planeta. As células solares convertem diretamente a energia do Sol em energia elétrica, de forma estática, silenciosa, não poluente e renovável. Um edifício ao instalar um sistema fotovoltaico, fica imune aos aumentos do preço da energia, e garante o abastecimento de eletricidade pelo menos por 25 anos; tempo mínimo de vida de um sistema fotovoltaico. O investimento no sistema se paga em poucos anos, com a energia produzida. (GAZOLLI, VILLALVA, GUERRA, 2012).

Em abril de 2012, foi criado, no Brasil, o sistema de créditos de energia, por meio da resolução n.º 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel. Esta resolução autorizou a micro e a minigeração de energia elétrica para consumo próprio, a partir de fontes renováveis e alternativas com sistemas de geração ligados diretamente a instalações elétricas de residências, escolas, empresas, para todos os tipos de consumidores, beneficiando a população e obrigando as concessionárias de energia elétrica a aceitar a entrada de sistemas próprios de geração fotovoltaica. Desta forma, a resolução estabelece que cidadãos e empresas podem ter suas próprias usinas fotovoltaicas, produzindo eletricidade. (ANEEL, 2012).

Um sistema fotovoltaico precisa de módulos fotoelétricos, que têm a função de captar a radiação solar e transformá-la em energia elétrica. São construídos de células semicondutoras, responsáveis por gerar corrente elétrica. (COSTA, 2006).

Para o dimensionamento dos painéis, é necessário o levantamento da carga, da radiação solar, das perdas no sistema e do posicionamento dos painéis.

O levantamento da carga refere-se à potência do sistema e ao tempo em que ficou ligada durante o dia, obtendo-se a unidade Wh/dia.

A radiação solar é a radiação eletromagnética que se propaga a uma velocidade de 300.000 km/s, em que se podem observar aspectos ondulatórios e corpusculares. Variam de acordo com o movimento aparente do Sol, e também da inclinação dos raios solares em relação a superfície da terra (em

função de sua forma esférica) e do movimento de translação da terra entre outros, criando-se uma elevação ao longo dos dias, que dá origem às estações do ano.

Apesar disto, pode-se definir um valor médio para o nível de radiação solar, incidente, normalmente, sobre uma superfície situada no topo da atmosfera. Dados recentes da WMO – World Meteorological Organization – indicam um valor médio de 1367 W/m^2 (em períodos de muitas manchas) e 1365 W/m^2 em caso contrário para a radiação extraterrestre (CEMIG, 2012, p.27). Fórmulas matemáticas permitem o cálculo, a partir da “Constante Solar”, da radiação extraterrestre ao longo do ano.

Estudos recentes sobre a variabilidade espacial do recurso solar, em regiões fito geográficas homogêneas, mostram que a radiação diária global, média mensal, pode ser extrapolada até 200 Km de distância com erros da ordem de 15%, com um nível de confiança de 90% (GROSSI GALLEGOS; LOPARDO apud TIBA et al, 2000, p.16).

Um dos mapas mais usados no Brasil foi elaborado pelo Grupo de Pesquisa em Fontes Alternativas de Energia do Departamento de Energia Nuclear coordenado pelo professor Chigueru Tiba da Universidade Federal de Pernambuco. A Figura 2 representa a média anual de irradiação solar no Brasil.

As cartas de radiação solar global diária, média mensal elaboradas neste Projeto, mostram que a radiação solar no Brasil varia entre 8 a 22 MJ/m^2 .dia e revelam um período de mínimo no trimestre maio-junho-julho, onde as estações solarimétricas registram intensidade de radiação na faixa de 8 a 18 MJ/m^2 .dia (TIBA et al., 2000, p.16).

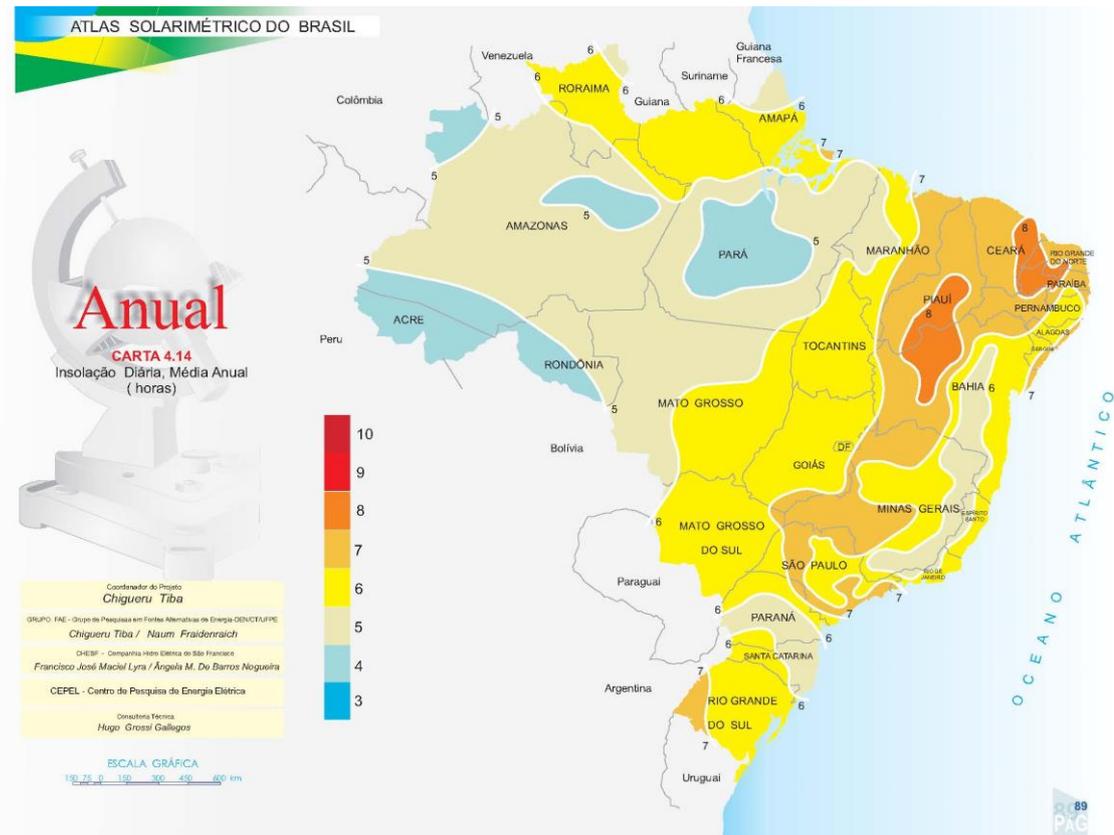


Figura 2 - Índice médio de radiação solar
Fonte: Tiba et al., (2000, p.89)

Como todo sistema de geração de energia, este também suscita perdas nas etapas de conversão. As perdas de conversão são representadas pelo rendimento do sistema elétrico, fazendo com que estes valores variem a cada instalação. No projeto, admite-se o valor de rendimento de 76%. (GARCIA, 2004).

O local da instalação dos painéis deve estar voltado para a linha do equador – direção norte, para a maioria dos estados brasileiros. Apesar de a inclinação ser em função da latitude do local, recomenda-se que seja, no mínimo, de 15° graus, para dificultar o acúmulo de sujeira.

A tabela 1 mostra a inclinação para diferentes localidades no Brasil:

Cidade	Inclinação ideal* dos painéis (°)
Belo Horizonte-MG	20
Vitória-ES	20
Rio de Janeiro-RJ	23
São Paulo-SP	24
Curitiba-PR	25
Florianópolis-SC	28
Porto Alegre-RS	30
Campo Grande-MS	21
Cuiabá-MT	16
Goiânia-GO	17
Brasília-DF	16
Demais capitais	10

* inclinação \approx latitude: máxima produção anual

Tabela 1. Inclinação ideal dos painéis fotovoltaicos de algumas localidades
Fonte: Neosolar (2013)

A potência dos módulos é dada pela potência de pico expressa na unidade (Wp) – Watt pico. Contudo, nem sempre este é o melhor caminho para comparação entre diferentes tipos de módulos.

De acordo com as mudanças de condições da carga, novos valores de corrente e tensão são medidos, que podem ser representados no mesmo gráfico. Juntando todos os pontos, gera-se uma linha denominada curva característica $I \times V$ (vide Figura 3). Normalmente, estas curvas estão associadas às condições em que foram obtidas (intensidade da radiação, temperatura etc.).

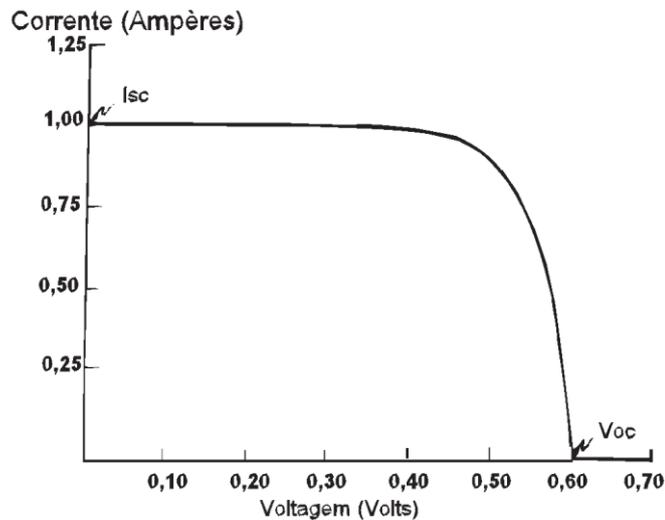


Figura 3. Curva característica IxV típica de uma célula de silício monocristalino, normalizada pela corrente de curto-circuito
Fonte: Solar (1997)

Para a determinação do número de módulos, utiliza-se o método de cálculo dos painéis, em paralelo e em série, obtidos pelas seguintes fórmulas:

a) Em paralelo:

$$NMp = ICmax / IPmed$$

em que:

NMp – Número de módulos em paralelo

ICmax – Corrente máxima das cargas (A)

IPmed – Corrente média gerada nos painéis (A)

b) Em série:

$$NMs = VC / VP$$

em que:

NMs – Número de módulos em série

VC – tensão requerida pela carga (V)

VP – tensão fornecida pelos painéis (V)

O número total de módulos será:

$$NP_{total} = NM_p * NM_s$$

em que:

NP_{total} – Número total de painéis a ser utilizado pelo sistema.

As baterias utilizadas em um sistema fotovoltaico são as de chumbo-ácido, definidas, basicamente, pela quantidade de energia em Ah na tensão nominal, que é capaz de armazenar. Esta energia depende da velocidade de descarga; exemplificando: uma bateria de 60 Ah por 12 h, ou seja, 5 A por hora durante 12 h consecutivas com uma tensão de 12 V em seus terminais. Outro parâmetro são os ciclos de descarga, tipicamente com valor de 2500 ciclos com descarga em 20%. (PRINCON, 2004).

Os painéis solares fornecem energia em forma de corrente contínua (CC), e também as baterias. Por este motivo, é fundamental a instalação de um inversor de frequência, para converter esta corrente em alternada (AC), elevando a tensão para os valores de 110 V, 220 V, uma vez que, hoje, praticamente todos os aparelhos são utilizados em corrente alternada.

Para este sistema, será utilizado um inversor que transforma 12V em corrente contínua para 110V em corrente alternada, com as seguintes especificações:

- Máxima potência de saída contínua: 250 W;
- Máxima potência de surto: 500 W;
- Entrada DC: 24 Vdc (nominal);
- Frequência de saída: 60 Hz ± 0,05 Hz;
- Voltagem de saída: 115 Vac ± 10%;
- Forma da onda de saída: Onda senoidal modificada;
- Eficiência ótima: 90%;
- Sem perdas de corrente: <0.1 A;
- Faixa de temperatura de operação: 0–40 °C;

- Dimensões: 38 x 115 x 115 mm;
- Peso líquido: 0.740 Kg.

Como este inversor não apresenta perdas, a carga do sistema será de 1620 W, equivalente à potência das lâmpadas LED. Com estes dados, pode-se definir também qual a corrente que o sistema utilizará, fazendo-se a divisão de 1620 W por 110 V, que será a tensão de trabalho das lâmpadas, resultando em um total de 14.72 A. Desta forma, como a biblioteca funciona durante 13 horas, então a carga a ser utilizada é 191.36 Ah.

Fazendo-se a conversão de 110 V das lâmpadas por 12 V das baterias, tem-se 9.17. Multiplicando-se este valor por 14.72 A, que é a carga necessária do sistema, tem-se 134,98 A. Então, multiplicando-se este valor por 13 horas, tem-se o valor de 1754,74 Ah. Este será o valor mínimo para o banco de baterias.

As baterias utilizadas, neste sistema, são estacionárias, da marca Moura Clean 12MF220 de 220 Ah, que totalizam 1760 Ah.

As placas fotoelétricas utilizadas, neste projeto, são de policristalino de alto rendimento, com potência de 135 Wp. Para determinar a quantidade de placas, deve se saber o valor da corrente. Dividindo-se a potência da placa por sua tensão gerada é 12 V.

Neste caso, a corrente é de 11,25 A. O número total de painéis, para o sistema, é de 40 módulos. Usando-se o modelo Kyocera KD1356X - LPU (135 Wp), tem-se que a corrente total gerada pelos módulos, 450 A. Logo, o tempo de carregamento do banco de baterias será calculado, fazendo-se a operação (1760 Ah dividido por 450 A), que apresenta o valor total de 4 horas.

Simulação da Etiquetagem do Edifício

A simulação do consumo energético de edificações é uma ferramenta eficaz no desenvolvimento de projetos eficientes. Os softwares existentes são de difícil utilização, e não fornecem uma orientação específica para a ENCE/RTQ-C.

O S3E – Simulador de Eficiência Energética de Edificações – é um serviço WEB, gratuito, que está sendo desenvolvido pelo LabEEE para auxiliar no processo de obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCEs) pelo método de simulação. Espera-se que o serviço disponibilizado auxilie arquitetos, engenheiros e projetistas no desenvolvimento de edificações mais eficientes. (LABEEE, 2013).

A figura 4 ilustra os principais componentes da ferramenta proposta. A interface web recebe as informações do usuário. O banco de dados fornece informações necessárias para as simulações. O EnergyPlus executa as simulações. O módulo de avaliação da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia analisa os resultados da simulação, visando à etiquetagem. O gerenciador do sistema controla o fluxo de informações entre os componentes.

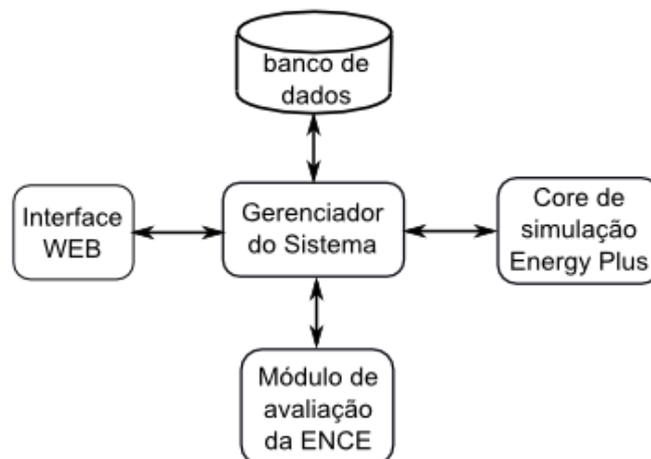


Figura 4. Fluxograma das ferramentas do S3e
Fonte: LABEEE (2013)

A regulamentação RTQ-C estabelece dois métodos de avaliação da ENCE:

a) Método prescritivo: procedimento analítico em que são aplicadas equações que recebem como entrada informações relativas às características da envoltória (arquitetônico-construtivas), iluminação e condicionamento de ar (Figura 5). A pontuação obtida determina a classificação de eficiência da edificação (A, B, C, D ou E).



Figura 5. Esquema do método prescritivo
Fonte: LABEEE (2013)

b) Método de simulação: o método de simulação consiste em comparar o desempenho termoenergético da edificação real com edificações de referência (A, B, C e D). Para tanto, é necessário realizar a simulação dos modelos (real e de referência) por meio de um software especializado (Figura 6).

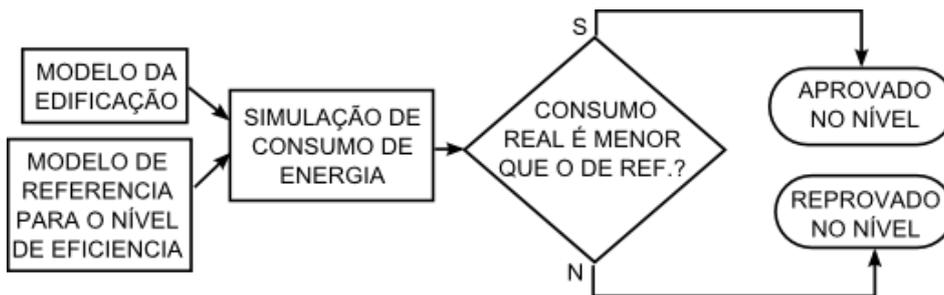


Figura 6. Esquema do método de simulação
Fonte: LABEEE (2013)

Para a simulação, o usuário deve entrar com dados referentes à envoltória, à iluminação e ao ar condicionado.

Para a envoltória, o software analisa os dados da geometria do local, as aberturas e os componentes construtivos. Na iluminação, são analisados os parâmetros de densidade de potência (W / m^2), a densidade de ocupação ($m^2 /$ pessoa) e os equipamentos instalados no local (W / m^2). Para o ar condicionado, deve-se especificar o tipo de equipamento instalado; nesta simulação, não foi considerado por serem todos compostos de equipamentos com etiqueta A.

Anteriormente, foi feita uma simulação para a obtenção da etiquetagem

do edifício, em que se obteve a Etiqueta E, com uma densidade de potência de 242,8 kWh / m² anuais (Figura 7).



Figura 7: Etiqueta obtida na primeira simulação
Fonte: próprio autor (2013)

Isto significa uma eficiência mínima da edificação, sendo necessária uma análise para melhoria deste nível de etiquetagem. Assim, a proposta deste trabalho refere-se à criação de um novo sistema de iluminação, utilizando-se luminárias LED, uma vez que as luminárias atuais são fluorescentes de 40 W; o que gera um alto consumo de potência para o recinto.

Com este novo sistema, fez-se uma nova simulação, utilizando-se os mesmos parâmetros referentes à envoltória e ao ar condicionado, mudando-se apenas a iluminação. Como, nesta nova análise, o software gerou uma etiqueta de nível A, que garante uma eficiência energética máxima para a biblioteca, a nova densidade de potência passou a ser de 164,2 kWh / m² anuais; uma

redução de aproximadamente 68% (Figura 8).



Figura 8: Etiqueta obtida na segunda simulação
Fonte: próprio autor (2013)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com uma pesquisa feita pelo EPE – Empresa de Pesquisa Energética –, as edificações consomem 47,4% da energia elétrica fornecida no Brasil, sendo 22,1% residenciais, 15% comerciais e 7,6% públicos (PORTELA JÚNIOR, 2012, p.9).

De acordo com a mesma pesquisa, os grandes consumidores, na área comercial, são os equipamentos de ar condicionado, com 47%, e a iluminação, com 22% do total destinado a este setor (PORTELA JÚNIOR, 2012, p.11).

O PROCEL Edifica foi criado para auxiliar na aplicação da eficiência energética, na construção ou reforma de uma edificação, sendo esta avaliada e classificada, e obtendo-se o selo PROCEL, de A (mais eficiente) a E (menos

eficiente).

O objetivo deste trabalho foi analisar o nível de eficiência energética da biblioteca *Vânia Aparecida Morais Jacob*, localizada no campus da Universidade do Estado de Minas Gerais, na cidade de Ituiutaba, Minas Gerais, por meio do software S3e. Obteve-se, inicialmente, a etiquetagem E, que indica uma edificação com o pior nível de eficiência energética.

Para sanar o problema, propôs-se a substituição da iluminação fluorescente por lâmpadas de LED; o que gerou uma redução considerável da potência consumida pelo sistema de iluminação da instalação. Para aperfeiçoar o sistema e contribuir com a redução de gastos, foi dimensionada uma instalação fotovoltaica a fim de suprir as necessidades de consumo do sistema de iluminação, que o torna autossustentável.

Posteriormente, fez-se nova simulação com o mesmo software e obteve-se o selo A. Conclui-se que o novo sistema de iluminação sanou a ineficiência do edifício, tornando-o qualificado a obter a etiquetagem PROCEL.

Medidas como esta são essenciais na atualidade, uma vez que os gastos com energia estão cada vez maiores. Tornam-se necessários investimentos em projetos, como o apresentado neste artigo. Analisar as instalações e modernizar componentes podem significar uma redução, substancial, de consumo energético, e, assim, contribuir para a redução da conta de energia e, também, para o esforço governamental de oferta de energia.

REFERÊNCIAS

ANEEL - Agencia Nacional de energia Elétrica. Resolução Normativa nº 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] Republica Federativa do Brasil**. Brasília, 19 set. 2012.

ANEEL - Agencia Nacional de energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do**

Brasil. 2. ed. Brasília, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413:** iluminância de interiores. Rio de Janeiro: 1992.

AVANT. **Lâmpadas LED** – LED Tubular T8. Disponível em <<http://www.avantsp.com.br/pt/catalogo-de-produtos/lampadas-led/led-tubular-t8>>, acesso em 05 jul. 2013.

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. Atlas Solarimétrico de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012. 80p.

COSTA, Gilberto José Corrêa da. **Iluminação econômica:** calculo e avaliação. 4. ed. Porto Alegre: EDICUCRS, 2006.

FREITAS, Stefani. **Tópicos em engenharia I** – Qualidade da energia elétrica. 2012. Apostila.

GARCIA, Felipe H. **Análise experimental e simulação de sistemas híbridos eólico-fotovoltaicos**, 2004, Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

GAZOLLI, Jonas Rafael; VILLALVA, Marcello G.; GUERRA, Juarez. **Energia Solar Fotovoltaica** – Introdução. 2012.

GOULART, Solange. **Sustentabilidade nas edificações e no espaço urbano.** Florianópolis: Labeee-UFSC, 20--. Apostila.

LABEEE. **S3e.** Disponível em <<http://www.labeee.ufsc.br/projetos/s3e>>. Acesso em 04 jul. 2013.

OSRAM. **Manual luminotécnico prático.** Osasco: Osram, 200-.

PORTELA JÚNIOR, Edson A. **Esplanada sustentável:** eficiência energética – 1ª oficina. Brasília: Eletrobrás, fev. 2012.

PRINCON. **Energia fotovoltaica** – Manual sobre tecnologias, projetos e instalações. Portugal, 2004.

QUINTEROS, André Ricardo. **Aquecimento de água por energia solar,** SOLETROL. Aquecedores solares. 2000.

SOLAR ENERGY CENTER. **Photovoltaic System Design:** Course Manual, 1987.

TIBA, Chigueru et al. **Atlas Solarimétrico do Brasil:** banco de dados solarimétricos. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2000. 111 p.

AUTORES

Túlio Pereira da Silva, discente do curso de Engenharia Elétrica da Fundação Educacional de Ituiutaba – FEIT, associada à Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Campus de Ituiutaba-MG.

tulio.ceel@gmail.com

Walteno Martins Parreira Júnior, mestre em Educação, especialista em Design Instrucional para EaD e Informática Aplicada à Educação. É professor dos cursos de Engenharia da Computação, Engenharia Elétrica e Sistemas de Informação da Fundação Educacional de Ituiutaba, associada à Universidade do Estado de Minas Gerais, Campus de Ituiutaba-MG.

waltenomartins@yahoo.com