

Estudo da eficiência energética na biblioteca municipal de Ituiutaba com utilização de lâmpadas led e sistema fotovoltaico

Study of energy efficiency in the municipal library of Ituiutaba with the use of led lamps and photovoltaic system

DOI:10.34117/bjdv7n6-730

Recebimento dos originais: 07/05/2021

Aceitação para publicação: 30/06/2021

Alan Kardec Candido dos Reis

Mestre em Sistemas de Energia-UFU

Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

Rua Vereador Geraldo Moisés da Silva, s/n, Universitário, Ituiutaba – MG

alan.reis@uemg.br

Rafaella Aparecida Franco Santos

Graduada em Engenharia Elétrica- (UEMG).

Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

Rua Vereador Geraldo Moisés da Silva, s/n, Universitário, Ituiutaba – MG

r.raaafa@hotmail.com

Emerson Carlos Guimarães

Mestrando em Engenharia Mecânica-UFU

Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

Rua Vereador Geraldo Moisés da Silva, s/n, Universitário, Ituiutaba – MG

emerson.guimaraes@uemg.br

Olavo Antonio de Oliveira Reis

Especialista em Engenharia Elétrica

Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)

Rua Vereador Geraldo Moisés da Silva, s/n, Universitário, Ituiutaba - MG

Olavo.reis@uemg.br

RESUMO

Eficiência energética é a utilização inteligente de energia elétrica, podendo ser a substituição de equipamentos obsoletos por modelos mais eficientes e modernos. Esse conceito aplicado às edificações públicas contribui para a economia do país, visto que as edificações públicas utilizam cerca de 50% da energia produzida no Brasil (PROCEL, 2015), reduzindo os gastos dos cofres públicos com a redução das contas de energia, além de contribuir com a sustentabilidade do planeta. O Brasil vem criando programas que visam a eficiência energética, um deles é o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), que tem como objetivo promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o desperdício. O Selo PROCEL indica aos consumidores os equipamentos e eletrodomésticos mais eficientes e que consomem menos energia disponíveis no mercado. Em parceria com o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade

e Tecnologia (INMETRO), o PROCEL também confere a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) às edificações, denominada PBE Edifica. Este trabalho é um estudo de caso realizado na Biblioteca Municipal Senador Camilo Chaves, Ituiutaba – MG, com objetivo de aplicar o conceito de eficiência energética. Realizou-se um comparativo das etiquetas geradas, através do WebPrescritivo, em relação à iluminação atual e à iluminação com a utilização da tecnologia LED, dimensionada no software DIALux. Realizou-se também um dimensionamento da geração de energia fotovoltaica conectado ao sistema de distribuição elétrico, visando a sustentabilidade, reduzindo os gastos pelos cofres públicos e uso consciente de energia elétrica, fundamental para o desenvolvimento da sociedade.

Palavras-chave: eficiência energética, iluminação, biblioteca, energia fotovoltaica.

ABSTRACT

Energy Efficiency is the smart using of electrical energy, which may be the replacement of obsolete equipment for more efficient and modern models. This concept applied to public buildings contributes to the country's economy, because public buildings use approximately 50% of the energy produced in Brazil (PROCEL, 2015), reducing spending by public coffers on reducing energy bills, besides it improves planet sustainability. Brazil has been creating programs that aim at energy efficiency, and one of them is the Nacional Program of Electrical Energy Conservation (PROCEL), which aims to promote the efficient use of electrical energy and combat the waste. The PROCEL label indicates to consumers which equipments and appliances are more efficient and uses less energy available on the market. In partnership with the Nacional Institute of Metrology, Quality and Technology (INMETRO), PROCEL also confers the Nacional Label of Energy Conservation (ENCE) to buildings, called PBE Edifica. This study is a case study conducted at Senator Camilo Chaves Municipal Library, Ituiutaba-MG, aiming to apply the concept of energy efficiency. A comparison of the generated labels was done, through WebPrescritivo, in relation to current lighting and the lighting using LED technology, designed in the software DIALux. A sizing of photovoltaic energy generation connected to the electrical distribution system was also done, aiming to sustainability, reducing spending by public coffers and the conscious use of electrical energy, fundamental to society development.

Keywords: energy efficiency, lighting, library, photovoltaic energy.

1 INTRODUÇÃO

Eficiência energética pode ser definida como a oferta de um serviço mantendo o nível de qualidade e reduzindo o consumo de energia. O Brasil vem desenvolvendo medidas de eficiência energética, uma delas o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), criado em 1985 pelo Ministério das Minas e Energia (MME), sendo consolidado em 1991, como um projeto governamental com o objetivo da racionalização da produção e do consumo de energia elétrica.

A forma mais eficaz de compreender o consumo estimado de um aparelho é através das etiquetas PROCEL, as quais apresentam uma estimativa do consumo de

energia elétrica, bem como a sua eficiência energética e a sua vazão de ar (PROCEL, 2007). O PROCEL promove a avaliação da eficiência energética de edificações residenciais, comerciais, de serviços e públicas, em parceria com o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), que confere a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para as edificações, a etiqueta PBE Edifica.

O consumo de energia elétrica nas edificações residenciais e comerciais, de serviços e públicas, no Brasil, é bastante significativo, sendo aproximadamente 50% da energia produzida no Brasil. Cerca de 70% desse consumo nos prédios públicos se deve ao uso dos sistemas de iluminação e climatização. Por isso, projetos de eficiência energética costumam atuar, a princípio, na substituição de equipamentos ineficientes e também na mudança de hábitos de seus usuários (PROCEL, 2015).

O PROCEL tem incentivado ações não apenas para o uso de equipamentos mais eficientes, como também para o desenvolvimento de projetos e utilização de práticas visando o combate ao desperdício e o incremento da eficiência energética nessas edificações públicas (PROCEL, 2015). Um desses projetos que podem contribuir para o aumento do nível de eficiência é a utilização de fontes de energia renováveis.

O sistema fotovoltaico é uma das fontes de energia elétrica mais estudadas e empregadas devido ao recurso disponível infinito que é o Sol. Além disso, o aproveitamento da energia gerada pelo sol como fonte de luz hoje é uma das mais promissoras para suprir a energia necessária ao desenvolvimento humano (CRESESB, 2014).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

- **ENERGIA FOTOVOLTAICA**

O desenvolvimento da sociedade humana está atrelada com a transformação do meio ambiente e a obtenção de energia elétrica. Durante o século XX, o principal suporte ao crescimento e às transformações da economia mundial foi a oferta de energia a partir de petróleo e carvão mineral. No entanto, nos últimos anos, muito se fala sobre seus impactos ambientais e insustentabilidade, bem como a substituição das fontes tradicionais utilizados na geração de eletricidade. No Brasil, a matriz energética é composta principalmente de usinas hidrelétricas e térmicas, sendo assim pouco diversificada. Além disso, apesar de as usinas hidrelétricas serem consideradas limpas e renováveis, causam impacto ambiental e social devido ao alagamento das grandes áreas onde estão instaladas,

consequentemente realocação das populações ribeirinhas e processo de degradação anaeróbica das áreas alagadas, que geram gases de efeito estufa (PEREIRA, et. al., 2006).

O sistema fotovoltaico gera energia através da conversão da luz solar em eletricidade (efeito fotovoltaico), e a célula fotovoltaica é a principal unidade dessa conversão.

O efeito fotovoltaico foi visto pela primeira vez pro Edmond Becquerel, em 1839, o qual notou o surgimento de uma diferença de potencial entre eletrodos imersos em uma solução ao absorver luz solar direta (NASCIMENTO, 2004).

Em 1873, W. Smith observou a capacidade de condução do selênio pelo efeito da luz. A partir desse efeito chamado fotocondutividade, Siemens projetou um fotômetro, dando ênfase ao fenômeno. Sete anos depois, com o selênio, Fritts construiu a primeira célula fotovoltaica, com aproximadamente 1% de eficiência. (DAVIDSON; KOMP, 1995).

Somente em 1877 foi desenvolvido o primeiro dispositivo sólido, a partir das propriedades fotocondutivas do Selênio, observadas pelos inventores norte-americanos W. G. Adams e R. E. Day (BRITO; VALLÊRA, 2006).

A princípio, os sistemas fotovoltaicos foram desenvolvidos e apoiados principalmente pelas empresas de telecomunicações, para alimentar sistemas instalados em localidades distantes. Posteriormente, foi a “corrida espacial” que impulsionou o desenvolvimento dessa fonte de energia, por ser o meio mais adequado para fornecer a quantidade de energia necessária a eletroeletrônicos no espaço por longos períodos.

Além desses dois fatores, a crise do petróleo em 1973 renovou e expandiu o interesse nesse tipo de geração de energia elétrica.

- **RADIAÇÃO SOLAR**

A corrente elétrica gerada nas células fotovoltaicas a partir o efeito fotovoltaico varia de acordo com a localização geográfica, estação do ano, inclinação dos painéis e outros fatores (SIQUEIRA, 2015).

O Brasil está localizado em uma área favorável para o desenvolvimento de projetos de sistemas fotovoltaicos. A espacial da irradiância solar média anual (W/m^2) que incide sobre a superfície da Terra. São dados estimados por imagens obtidas de satélites entre 1990 e 2004.

Os dados contidos nesse mapa são bastante úteis para profissionais que desenvolvem projetos de sistema solar, visto que esses projetos exigem uma quantidade

mínima de irradiação, que está disponível para quase todas as áreas localizadas entre os trópicos.

A quantidade de horas exatas que um determinado local recebe irradiância solar pode ser obtida no site do Centro de Referência para Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito (CRESESB) *SunData*. O programa *SunData* destina-se ao cálculo da irradiação solar diária média mensal em qualquer ponto do território nacional e constitui-se em uma tentativa do CRESESB de oferecer uma ferramenta de apoio ao dimensionamento de sistemas fotovoltaicos (CRESESB, 2018).

Para a busca, são necessários os dados de latitude e longitude do local a ser instalado o sistema fotovoltaico e, para isso, basta utilizar a ferramenta do Google denominada “*Google Maps*”. Inserindo o nome do local na pesquisa, por exemplo a cidade de Ituiutaba e clicando com o cursor com o botão direito, aparecem diversas opções. A que mostra a latitude e longitude é “o que há aqui?”.

Os dados de latitude e longitude aparecem na parte inferior do mapa, sendo o primeiro referente a latitude e o segundo a longitude. Inserindo esses valores, as irradiâncias de cada mês são encontradas no site do CRESESB, bem como a sua média, a qual é utilizada no dimensionamento dos painéis solares.

Existem ainda três disponibilidades para o ângulo de inclinação dos painéis, além do plano horizontal: o ângulo igual a latitude, a maior média anual e maior mínimo mensal. Em geral, o valor da latitude local é usado como ângulo de inclinação do módulo fotovoltaico. O ângulo com a maior média diária anual de irradiação solar costuma ser usada quando se deseja a maior geração anual de energia, o que seria o caso de aplicações de sistemas fotovoltaicos conectadas a rede de distribuição dentro do Sistema de Compensação de Energia, definido pela Resolução Normativa da Aneel nº 482/12. Para o ângulo igual ao maior valor mínimo mensal de irradiação costuma ser utilizado em situações em que o fornecimento de energia é crítico para atividade fim e procura-se minimizar o risco de falta de energia (CRESESB, 2018).

É necessário saber a quantidade de horas por dia em que o módulo estará drenando uma máxima corrente a uma radiação de $1000\text{W}/\text{m}^2$, ou seja, quando recebe radiação solar. Quando o fabricante informa, no *datasheet*, que a placa fornece determinada potência, é baseado em testes para valores fixos de temperatura de 25°C e radiação de $1000\text{W}/\text{m}^2$. A média de insolação diária no Brasil no Plano Horizontal, portanto, é de $\frac{5,46\text{kWh}/\text{m}^2.\text{dia}}{1000\text{W}/\text{m}^2}$, portanto, 5,46h/dia de radiação solar.

- **COMPONENTES DO SISTEMA FOTOVOLTAICO**

Painel solar: é a associação de vários módulos solares que, por sua vez, é produzido a partir de várias células fotovoltaicas interligadas para produzir a corrente adequada. Para alcançar as potências comerciais, os fabricantes de módulos fotovoltaicos conectam entre 28 e 40 células para produzir tensão nominal de 12V, por exemplo, geralmente em série (CRESESB, 2004).

Inversor: a corrente produzida pelo módulo fotovoltaico é uma corrente contínua. O inversor é utilizado para converter a corrente contínua em corrente alternada, que é a corrente de alimentação da maioria dos eletroeletrônicos disponíveis no mercado.

Controlador de carga: é empregado para reduzir o impacto gerado da descarga nos bancos de baterias, como evitar a sobrecarga e sobredescarga das baterias, aumentando a sua vida útil. Também monitora o sistema, propiciando segurança ao sistema. O controlador monitora constantemente o nível de tensão das baterias e fica definido o nível de tensão e a corrente máxima que deverá manejar.

Banco de bateria: necessária aos sistemas desconectados da rede, que armazenam a energia produzida durante o dia.

3 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

- **SISTEMAS DESCONECTADOS DA REDE (OFF-GRID)**

Os sistemas fotovoltaicos desconectados da rede são assim denominados pois não têm contato com a rede de distribuição das concessionárias e utilizam sistemas de armazenamento de carga, onde a energia é armazenada quando não consumida no momento da geração. Posteriormente, o sistema é capaz de alimentar as cargas quando não há geração, por exemplo a noite ou em condições climáticas não favoráveis à geração de energia.

Os sistemas desconectados possuem quatro elementos principais: os módulos, o controlador de carga, os acumuladores de carga e os inversores. Esse tipo de sistema é geralmente utilizado em locais remotos, como fazendas, as quais não têm acesso à rede elétrica.

- **SISTEMAS CONECTADOS À REDE (ON-GRID)**

São assim denominados pois são conectados na rede de distribuição de energia da concessionária e não utilizam sistemas de armazenamento de energia. São geralmente mais eficientes e mais baratos do que os sistemas desconectados da rede.

Os sistemas conectados à rede possuem três partes principais, que são: os módulos, o sistema de controle ou *string box* e o inversor.

Fazendo uma analogia, a *string box* funciona como um disjuntor em um quadro de distribuição. Ela é conectada do lado das correntes contínuas, para proteger tanto a instalação quanto as placas e do lado das correntes alternadas, para proteger a instalação contra eventuais descargas atmosféricas (SOLARVOLT, s/d).

- **DIMENSIONAMENTO DO MÓDULO SOLAR**

Para realizar o dimensionamento do módulo solar, alguns fatores devem ser avaliados, como: se a instalação está em fase de projeto, se a instalação já existe e continuará com as mesmas cargas ou se haverá alterações, como aumento de carga e, com isso, aumento da demanda, entre outros fatores, dependendo de cada cliente.

Existem várias etapas a serem seguidas para se obter a quantidade exata de painéis necessários para atender à demanda, como: análise do histórico do consumo do cliente, análise da possibilidade de aumento de carga, a média da irradiação solar diária onde o sistema irá ser instalado e as perdas são algumas dessas etapas.

Para uma instalação já existente, a quantidade de energia ou potência que o sistema precisa fornecer para atender a demanda é obtida através das contas de energia elétrica. Por meio dessa, é feita uma média do consumo. No entanto, é necessário também conhecer as necessidades e os desejos do cliente pois, com o sistema fotovoltaico, o cliente poderá aumentar o seu consumo para seu conforto com equipamentos eletroeletrônicos. Para realizar a média, basta somar todos os dados dos últimos doze meses e dividir o resultado por 12.

Sabendo-se o tipo de padrão da instalação, há a possibilidade de excluir o valor mínimo pago de kWh para a concessionária, denominado custo de disponibilidade. Por exemplo: para um consumidor do tipo B, caso a instalação tenha um padrão monofásico, o valor mínimo é 30 kWh, bifásico é 50 kWh e trifásico é 100 kWh. Esse valor mínimo significa que, mesmo sem utilizar os equipamentos eletrônicos por um mês, o cliente pagará esse valor pela disponibilidade de energia pela concessionária. Para um correto dimensionamento do módulo solar, tem que ser estudado, analisado e dimensionado:

- Arranjo de painéis
- Disposição do painel fotovoltaico
- Orientação do painel fotovoltaico
- Dimensionamento dos inversores

- Condutores
- Proteção

4 ESTUDO DE CASO

- **DESCRIÇÃO E ANÁLISE DO AMBIENTE ESTUDADO**

Em um primeiro momento, a análise do ambiente é feita de acordo com as necessidades para a geração das etiquetas de eficiência energética, conforme o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Públicas (RTQ-C), como: a área total do local, dados da zona bioclimática em que se situa o ambiente estudado, se existe contribuição de luz natural no ambiente, se o ambiente é condicionado, tipo de cobertura, entre outros. O local utilizado para realizar o projeto proposto é a Biblioteca Municipal Senador Camilo Chaves, situada na Rua 22, 914 – Centro, em Ituiutaba, MG. Ela está dividida em: térreo, primeiro piso e segundo piso, e tem uma área total de 1464,26 m², segundo os dados retirados dos projetos arquitetônicos.

A cidade de Ituiutaba- MG é classificada como zona bioclimática 6, conforme estudos do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (LABEEE- UFSC), denominado “Classificação Bioclimática das sedes dos municípios brasileiros”.

O pavimento térreo, além de ter um acervo instalado e áreas de leitura, também conta com um mini auditório, uma cozinha, dois banheiros, uma sala; no primeiro piso existem áreas de leitura, acervos, áreas do administrativo, informática, depósito, dois banheiro e uma cozinha; e no segundo piso, o seu uso, além das áreas de leitura, também possui área destinada à informática, possui lavanderia, uma copa, uma cozinha e salas destinadas à aulas particulares.

O antigo projeto do edifício onde se situa a biblioteca era destinado a um banco, ou seja, não foi devidamente projetado para suportar um acervo de livros, locais para leitura e pesquisa. Devido à isso, foram encontradas várias inadequações, tanto na iluminação, quanto na sua climatização. Em visita à Biblioteca Municipal Senador Camilo Chaves de Ituiutaba, analisou-se a predominância de lâmpadas antigas de tecnologia fluorescente tubular em todas as áreas, o que diminui significativamente a eficiência energética do edifício.

Foram encontradas lâmpadas fluorescentes tubulares de 110W e 40W, ambas T12, com temperatura de cor (K) muito alta, baixo índice de reprodução de cores e baixo rendimento. A

Hoje o mercado vem substituindo lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de tecnologia LED que, do inglês, significa *Led Emitting Diode*, ou Diodo Emissor de Luz, por essas serem muito mais eficientes, visto que, além de não necessitarem de reator, a sua vida útil é consideravelmente maior e o consumo de energia elétrica é muito menor, pois sua eficiência luminosa é maior do que as das outras lâmpadas. Ou seja, gasta menos energia para gerar a mesma iluminação (INMETRO, s/d).

Portanto, como o cálculo do consumo de energia elétrica leva em consideração a potência do equipamento pelas horas em utilização, a lâmpada LED pode ser considerada, hoje, a melhor tecnologia para o sistema de iluminação com finalidade de redução do consumo de energia elétrica e aumento da eficiência, pelos fatores de maior vida útil, maior rendimento, melhor índice de reprodução de cores citados anteriormente. É viável, inclusive, estabelecer meios de utilizar a luz natural para melhorar ainda mais a eficiência energética de edifícios.

A Biblioteca Municipal funciona das 08h da manhã às 18h da tarde e conta com a frequência de pessoas no período da manhã e de pessoas no período da tarde com uma média de 124 pessoas que visitam a Biblioteca diariamente, segundo dados obtidos da administração do local.

Atualmente, na Biblioteca Municipal Senador Camilo Chaves, a climatização é feita por ventiladores e condicionadores de ar. Ambos são equipamentos muito antigos, com baixa eficiência energética, sendo os condicionadores de ar da marca Springer Mundial e os ventiladores da marca Ventisol, esse com potência de 200W. Não foi possível obter a potência do ar condicionado, visto que é um aparelho muito antigo e não possui dados de placa, além de não estar mais disponível no mercado atualmente, inclusive.

5 CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA SEGUNDO O RTQ-C

SITUAÇÃO ATUAL

- **AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO SISTEMA DA ENVOLTÓRIA- RTQ-C**

Segundo o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética (RTQ-C), para obter a avaliação da eficiência energética da envoltória, inicialmente deve-se informar a zona bioclimática a qual pertence o ambiente em estudo. Para isso, existem estudos, como o citado acima, do Laboratório de Eficiência Energética

em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (LABEEE - UFSC), um dos desenvolvedores do WebPrescritivo, onde essa informação pode ser encontrada.

Posteriormente, pré-requisitos são solicitados. Quanto maior o nível pretendido, mais rigorosos são os pré-requisitos, ou seja, para se obter o melhor nível de eficiência energética, o ambiente em estudo deve atender aos limites tabelado da Transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores, Cores e absorvância de superfícies e Iluminação zenital.

A transmitância térmica se divide em cobertura e paredes exteriores, com valores diferentes de limites de propriedades térmicas para cada caso. Para a cobertura nos níveis A e B, o valor limite ainda é diferente para o caso de ambientes condicionados ou não condicionados, já para os níveis C e D. Os limites ainda variam de acordo com a zona bioclimática do ambiente.

A transmitância térmica considerada é a média ponderada das diversas transmitâncias existentes quando a cobertura é composta por diferentes materiais e, portanto, por diferentes transmitâncias. Para caso da Biblioteca Municipal de Ituiutaba, a cobertura é de concreto, tendo portanto uma transmitância térmica de $1,14\text{W/m}^2\text{K}$, segundo o Manual de Aplicação do RTQ-C. Já a parede é de tijolo, reboco e pintado de branco, tendo portanto uma transmitância térmica de $2,643\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Outros pré-requisitos para a classificação da envoltória são cores e absorvância de superfícies. Absorvância é a razão entre o fluxo da radiação absorvida por uma superfície e o fluxo incidente sobre a mesma; fator de absorção. Quando não há possibilidade de medição, a cor é utilizada como indicador de absorvância, sendo os dados fornecidos por fabricantes de tintas ou revestimentos. A NBR 15220 denominada “Desempenho térmico de edificações” e a tese desenvolvida por Dornelles (2008) também é recomendada pelo Manual do RTQ-C, pois apresenta dados de absorvância solar para diferentes cores e tipos de tintas utilizadas em superfícies opacas, a partir de medições de refletâncias com espectrofotômetro.

Por último, o pré-requisito da iluminação zenital. A luz natural pode ser introduzida no ambiente com as aberturas zenitais e possibilita na redução do consumo de energia elétrica. Abertura zenital é uma técnica utilizada para permitir a entrada da iluminação natural através de pequenas ou grandes aberturas na cobertura.

A Biblioteca Municipal de Ituiutaba não utiliza abertura zenital em sua edificação, portanto o Percentual de Abertura Zenital é considerada 0% e um Fator Solar de 0.

A Figura 15 abaixo apresenta Etiqueta do nível de eficiência da envoltória da Biblioteca Municipal Senador Camilo Chaves, com resultado “B”. A observação na figura mostra que o valor da transmitância térmica da cobertura dos ambientes condicionados foi o valor principal para a classificação em nível “B” da envoltória.

- **AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ILUMINAÇÃO-RTQ-C**

Para a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) da iluminação, serão utilizados o item 4 dos Requisitos Técnicos da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Público (RTQ-C), que trata somente do sistema de iluminação.

O critério de avaliação da eficiência energética pode ser realizado em duas maneiras: pelo método das áreas e pelo método da atividade. O método das áreas é utilizado para edifícios onde são realizadas até 3 atividades principais ou quando as atividades ocupam mais de 30% da área do edifício e determina. Já o método das atividades avalia cada ambiente do edifício separadamente e é utilizado quando o método das áreas não é aplicável.

No cálculo da eficiência da iluminação para obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação, são necessários três pré-requisitos: divisão de circuitos, no qual deve-se informar se os ambientes divididos por paredes ou divisórias até o teto possuem pelo menos um ponto de controle manual para o acionamento da iluminação. Para ambientes maiores do que 250 m², cada dispositivo de controle instalado deve controlar: uma área de até 250 m² para ambientes até 1000 m²; uma área de até 1000 m² para ambientes maiores do que 1000 m². Se o ambiente possui contribuição de luz natural, ou luz solar, e desligamento automático do sistema de iluminação, no qual diz que áreas maiores que 250m² devem possuir esse sistema.

A Biblioteca só atende ao pré-requisito de divisão de circuitos, pois não possui aberturas voltadas para o ambiente externo ou para átrio não coberto ou de cobertura translúcida e também não possui controle instalado, manual ou automático, para o acionamento independente da fileira de luminárias mais próxima à abertura.

Observa-se um nível “D” de eficiência energética para o térreo e nível “E” para o primeiro piso, significa um nível baixo de eficiência energética para o edifício. Já o segundo piso teve nível “C” por ser um local que possui menos lâmpadas de potência considerável que os outros e também apresenta uma área menor.

- **AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR- RTQ-C**

O cálculo da eficiência energética do sistema de condicionamento de ar é feito através de dois modos distintos: para aqueles aparelhos que são avaliados pelo PBE/INMETRO ou para aqueles que não são avaliados, como o caso de aparelhos muito antigos. Os dados de quantidade de BTU/h do aparelho, bem como sua eficiência energética, em W/W, são necessários no cálculo da eficiência daqueles que possuem a etiqueta do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). Já no caso da biblioteca municipal de Ituiutaba, como são equipamentos muito antigos e não estão disponíveis atualmente no mercado, não foi possível encontrar os requisitos necessários, como a potência do equipamento, dessa forma não foi possível gerar a etiqueta de eficiência energética.

6 SITUAÇÃO PROPOSTA

- **SUBSTITUIÇÃO DE LÂMPADAS FLUORESCENTES POR LED**

Os documentos físicos contendo os projetos arquitetônicos do térreo, primeiro piso e segundo piso da Biblioteca Senador Camilo Chaves foram obtidos e, posteriormente, foi possível transferir os respectivos projetos para o AutoCAD e DIALux, conforme apêndice, a fim de dimensionar a nova iluminação utilizando tecnologia LED. Com o projeto no AutoCAD, inseriu-o no DIALux, obtendo-o em 3 dimensões.

Foram dimensionadas, como um dos objetivos principais do presente trabalho, as novas potências de iluminação da Biblioteca Senador Camilo Chaves utilizando tecnologia LED. Posteriormente, a nova etiqueta pode ser obtida e possibilitando analisar, então, se o nível de eficiência energética do edifício irá aumentar com a modernização do sistema de iluminação.

7 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ILUMINAÇÃO COM LÂMPADAS DE LED - RTQ-C

- **TÉRREO**

A Figura 19 a seguir mostra a vista superior do térreo da biblioteca retirada do software DIALux, com os níveis de lux no ambiente, de acordo com a norma e com as determinadas lâmpadas de LED.

Segundo o relatório obtido pelo software retrocitado, a média de lux no térreo na área denominada “biblioteca”, demarcada no projeto, foi de 877lx e, conforme a norma,

a quantidade de lux deve ser de 500lx para bibliotecas. Portanto, o dimensionamento atende à norma. A Figura 20 abaixo mostra a área da “biblioteca”. Nessa área foram utilizadas 34 lâmpadas de 78W cada uma, totalizando 2652W nesse ambiente. A Figura 26 a seguir representa o térreo total, com a disposição das 39 lâmpadas no ambiente e em cada local.

A nova etiqueta de iluminação do térreo da biblioteca está apresentada na Figura 27 abaixo, utilizando lâmpadas de LED e conforme os pré-requisitos de divisão de circuitos, contribuição de luz natural e desligamento automático. Observa-se que a nova etiqueta, com os novos valores de potência, teve o nível de eficiência energética melhorado de “D” para nível “C”, conforme análise da relação entre a etiqueta obtida anteriormente, quando o cálculo levou em consideração as lâmpadas fluorescentes empregadas atualmente no ambiente da biblioteca.

➤ **PRIMEIRO PISO**

Da mesma forma, foram dimensionadas as lâmpadas LED para o primeiro piso. A Figura 28 visualizada abaixo representa a vista superior do retrocitado piso, com a quantidade de lux no ambiente, retirada do software DIALux:

Segundo o relatório obtido pelo software retrocitado, a média de lux no primeiro piso na área denominada “biblioteca”, demarcada no projeto, foi de 723lx e, conforme a norma, a quantidade de lux deve ser de 500lx para bibliotecas. Portanto, o dimensionamento atende à norma. A Figura 29 abaixo mostra a área da “biblioteca”. Nessa área foram utilizadas 36 lâmpadas de 74W cada uma, totalizando 2664W nesse ambiente.

Para o primeiro piso, o nível de eficiência energético obtido através da etiqueta também foi “C”, melhorando consideravelmente quando comparado com nível “E” anteriormente calculado, levando em consideração a situação atual do sistema de iluminação da biblioteca com lâmpadas fluorescentes.

➤ **SEGUNDO PISO**

Segundo o relatório obtido pelo software retrocitado, a média de lux no segundo piso na área denominada “sala 1”, utilizado para leitura, demarcada no projeto, foi de 582lx e, conforme a norma, a quantidade de lux deve ser de 500lx para leitura. Portanto, o dimensionamento atende à norma. Observa-se que a nova etiqueta, com os novos valores de potência teve o nível de eficiência energética mantido de nível “C”, conforme

análise da relação entre a etiqueta obtida anteriormente, quando o cálculo levou em consideração as lâmpadas fluorescentes empregadas atualmente no ambiente da biblioteca. Observa-se que, pelo ambiente já ter uma potência pequena, não diminui consideravelmente, portanto não houve mudança no nível de eficiência energética.

8 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Com as tarifas de energia da Biblioteca Municipal Senador Camilo Chaves, é possível realizar os cálculos de dimensionamento dos painéis solares com maior confiabilidade. A Biblioteca possui três contas de energia diferentes. A tarifação da CX1 é denominada “Poder Público Trifásico”, com subclasse “Poder Público Municipal”, modalidade tarifária “Convencional B3”, tendo um consumo de 920 kWh em fevereiro.

A classe da tarifa da CX 2 é “Poder Público Bifásico”, com subclasse “Poder Público Municipal”, modalidade tarifária “Convencional B3” e teve um consumo de 49 kWh no mês de fevereiro. A classe da tarifa da CX 3 “Poder Público Bifásico”, subclasse “Poder Público Municipal”, modalidade tarifária “Convencional B3” e teve um consumo de 12 kWh no mês de fevereiro. O consumo da “CX 3” e da “CX 2” anterior é, respectivamente, de 49 kWh contra 12 kWh, no entanto o preço a pagar é o mesmo, pois esse valor pago pela biblioteca é somente do custo de disponibilidade em ambos os casos. Como as classes são ambas bifásicas, o custo de disponibilidade é de 50 kWh, isto é, a biblioteca deve pagar, no mínimo, por 50 kWh para a Central Energética de Minas Gerais (CEMIG), devido à disponibilidade de energia, mesmo tendo consumido menos.

9 HISTÓRICO DE CONSUMO DOS ÚLTIMOS 12 MESES

Também, por meio das contas de energia da biblioteca, é possível retirar os dados dos consumos dos últimos 12 meses e fazer a média. Analisando os dois últimos históricos e principalmente o último, é notório que o consumo de energia em todos os meses é abaixo do consumo mínimo que a biblioteca deve ter (50 kWh do padrão bifásico), ou seja, independentemente da biblioteca consumir 50 kWh de energia, ela pagará por essa quantidade para a CEMIG por ter a energia disponibilizada na rede.

Por isso, uma sugestão do presente estudo é a eliminação dos dois padrões bifásicos, ficando somente com o padrão trifásico que atenderia toda a biblioteca, o que reduziria o valor pago para a concessionária. Dessa forma, a prefeitura somente pagaria pelo consumo realmente utilizado, não sendo necessário pagar por duas taxas mínimas se as cargas podem ser colocadas em um mesmo padrão, pois atualmente os três pisos são

um só edifício e pertencente ao mesmo órgão (PMI). O Quadro 3 abaixo mostra os cálculos da média do consumo de cada tarifa, considerando que os meses para base de cálculo foram de março de 2018 a fevereiro de 2019.

Quadro 1: Média do consumo de energia elétrica de cada tarifa

	Consumo (kWh)		
	CX 1	CX 2	CX 3
mar/18	800	50	20
abr/18	800	43	32
mai/18	800	40	30
jun/18	600	38	20
jul/18	600	35	24
ago/18	520	38	26
set/18	560	40	31
out/18	640	53	40
nov/18	840	53	32
dez/18	560	41	23
jan/19	680	46	16
fev/19	920	49	12
Total (kWh)	8320	526	306
Média (kWh/mês)	693	44	26

Fonte: Autor, 2019

Eliminando os dois padrões bifásicos e colocando os consumos no padrão trifásico, a média ficará de 693 kWh/mês + 44 kWh/mês + 26 kWh/mês, totalizando 763 kWh/mês. Diminuindo 100 kWh do total, conforme (1), que é o custo de disponibilidade citado anteriormente, para padrão trifásico, a média resultante é de 663 kWh.

Para descobrir o consumo diário, basta dividir o valor por 30 dias, conforme (2), resultando em 22,1 kWh/dia. Posteriormente, a cidade de Ituiutaba recebe uma média anual de 5,46 horas diárias de irradiação solar, visto no Quadro 2. A razão do consumo diário pela média diária de irradiação fornece 4,22 kW de consumo diário ($\frac{22,1}{5,46} = 4,0476kW$).

Na análise das perdas, os valores foram estimados, levando-se em consideração os intervalos das perdas citados no item 2.8, baseados de acordo com o local da instalação e com o estudo de Araújo et. al. (2016), ficando: 3% de sujeira por ser localizada no centro da cidade (entre 1% a 3%), 1,5% da incompatibilidade elétrica (entre 0,5% a 2,5%), 8% de temperatura (entre 0% a 8,9%), visto que Ituiutaba é uma cidade quente praticamente o ano todo, 1% de cabeamento (entre 0,5% a 1,5%), e 6% da eficiência do inversor (entre 3% a 7,5%). Fazendo o somatório, o resultado é uma eficiência de em torno de 80% para este sistema, sendo η :

$$\eta = (100 - (3 + 1,5 + 8 + 1 + 6)) = 100 - 19,5 = 80,5 \cong 80\%$$

Portanto, o sistema fotovoltaico deverá gerar $\frac{4,0476}{0,80} = 5,0595kW$ para atender à

Biblioteca Municipal. Com a potência necessária será obtida fazendo conforme (4):

$$Potência Total (painéis) = \frac{Energia Diária}{N_{sol} \cdot \eta} = \frac{22,1 \cdot 1000}{5,46 \cdot 0,80} = 5,0595 kW$$

A próxima etapa é escolher o módulo solar que será utilizado. Para esse projeto, será utilizado um modelo da *Canadian Solar*, com potência máxima de 360 Wp e serão necessárias, conforme (5), $\frac{5059,5}{360} = 14,054$ painéis solares, portanto, 15 painéis solares são suficientes para atender à Biblioteca Municipal.

A área do telhado da biblioteca apresenta quatro partes de 42m² cada e somente uma voltada para o norte, de acordo com dados da ferramenta do *Google Maps*. No lado norte, é possível instalar somente 21 painéis no máximo dessa especificação, de acordo com a área dos módulos (1,98m²), visto que as dimensões das especificações da placa no site da *Minha Casa Solar* é $2 \cdot 0,992 = 1,984$, portanto 1,98m². Portanto: $42/1,98 = 21,21 \cong 21$ painéis

Caso a prefeitura necessite de uma futura ampliação, ela ainda conseguirá instalar algumas placas na área do telhado voltado para o norte, que é o ideal, pois hoje para suprir a demanda da biblioteca são necessárias apenas 15 placas fotovoltaica.

10 ESCOLHA DO INVERSOR

O inversor desse caso deverá ser monofásico de potência máxima de 9 kWp de entrada e saída de 6 kWp. Fazendo os testes para verificação da compatibilidade com o inversor, primeiramente foi utilizado a tensão de máxima potência das placas (V_{mp}) de 39,6V. A tensão total das placas em série deve estar na faixa dos valores do MPP do inversor. Nesse caso, a faixa é de 80 V a 800 V. Utilizando a fórmula descrita no dimensionamento do inversor, conforme (6): $V_{mpp} = N_{placas} \cdot V_{mp} = V_{mpp} = 15 \cdot 39,6$

$$\text{Portanto, } V_{mpp} = 594 V$$

Isto é, está dentro da faixa de voltagem do MPP do inversor (80 V-800 V). O próximo passo é utilizar a outra fórmula com o número de placas do sistema e a tensão de circuito aberto (V_{oc}) para analisar a compatibilidade, conforme (7): $V_{in} = N_{placas} \cdot V_{oc}$

A tensão de circuito aberto (V_{oc}), conforme análise das especificações da placa, é de 47 V. Inserindo na fórmula: $V_{in} = 15 \cdot 47$ Portanto, $V_{in} = 705 V$

Também está dentro da faixa de tensão de entrada CC do inversor escolhido (80 V a 1000 V). A corrente máxima de entrada do inversor, segundo as especificações, é de 18 A e a corrente de máxima potência dos painéis é 9,10 A portanto está dentro do limite tolerável. A corrente permanece a mesma nas placas conectadas em série.

11 RESULTADOS OBTIDOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

- **ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM A SUBSTITUIÇÃO DAS LÂMPADAS FLUORESCENTES POR LÂMPADAS DE LED**

Através do dimensionamento pelo software DIALux, foram utilizadas 34 lâmpadas de LED de 78W, uma lâmpada de 72W, uma lâmpada de 86W e 3 lâmpadas de 48W no térreo. No primeiro piso foram utilizadas 38 lâmpadas de 74W e 5 lâmpadas de 48W. Foram utilizadas 7 lâmpadas de 44W, 6 lâmpadas de 86W, 1 lâmpada de 55W, 4 lâmpadas de 41W, 6 lâmpadas de 74W e 6 lâmpadas de 61W no segundo piso.

Foram feitas as novas etiquetas de iluminação dos três pisos da biblioteca para o novo dimensionamento das lâmpadas de LED, sendo um aumento de nível de “D” para “C” para o térreo e o primeiro piso. O segundo piso manteve o nível “C” de eficiência energética para as ambos os modelos de lâmpadas, visto que a potência de iluminação não diminuiu significativamente, como pode ser observado nas tabelas acima. Diante disso, conclui-se que a tecnologia LED disponível atualmente no mercado contribui para a melhoria da eficiência energética em relação a iluminação de edifícios, sendo melhor, além disso, em relação a sua vida útil, a manutenção, visto que não é necessário o emprego de reatores na instalação. Porém faz-se necessário também algumas adequações no ambiente, como a análise da contribuição natural e o desligamento automático para que o nível de eficiência chegue em “B” ou “A”.

- **ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DEVIDO AO SISTEMA FOTOVOLTAICO**

Em relação ao sistema fotovoltaico aplicado na Biblioteca Municipal Camilo Chaves, os benefícios são: redução dos gastos dos cofres públicos com a tarifa mínima paga à concessionária devido aos dois padrões bifásicos de energia, redução das contas de energia elétrica, visto que estará utilizando uma fonte de energia própria. Será analisado, a seguir, o retorno financeiro do sistema.

- **ANÁLISE DO CUSTO DOS EQUIPAMENTOS DO SISTEMA**

O custo de todos os equipamentos e materiais utilizados no sistema de geração fotovoltaico da Biblioteca Municipal foi feito pela Minha Casa Solar .

Como observado na planilha, o custo total para instalação é de R\$26.726,54, considerando a estrutura metálica necessária para o suporte de fixação no telhado, os equipamentos de geração, que são os painéis e o inversor, os dispositivos de proteção e cabeamento na parte CC e dispositivos de proteção e cabeamento da parte CA.

- **ANÁLISE DO RETORNO FINANCEIRO DO SISTEMA**

Para a análise do retorno financeiro foi feita uma média do preço das tarifas de cada bandeira que pode variar o custo da energia durante o ano. Conforme visto, a modalidade tarifária da Biblioteca Municipal de Ituiutaba é a B3, por isso a média do preço do kWh de cada bandeira foi realizada com base nessa modalidade, resultando em R\$0,58684.

Foi observado, no Quadro 5, que a potência gerada diariamente é de aproximadamente 22kWh, portanto, em um mês, serão gerados $22\text{kWh} \times 30 = 660\text{kWh}$ e, em um ano, são gerados $660\text{kWh} \times 12 = 7920\text{kWh}$. Esse valor multiplicado pela média do custo do kWh resulta em $7920 \times \text{R}\$0,58684 = \text{R}\$4647,77$. O retorno financeiro é dado, então, pela razão entre o custo com os equipamentos, materiais, instalação do sistema fotovoltaico pelo preço gasto em média com energia elétrica durante um ano, resultando em:

$$\text{Retorno Financeiro} = \frac{28728,54}{4647,77} = 6,18 \text{ anos}$$

O retorno financeiro, portanto, está dentro das condições de vida útil do sistema, sendo cerca de 25 anos, portanto é um sistema viável e que auxiliará no aumento do nível de eficiência energética da Biblioteca Municipal Senador Camilo Chaves.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. J. N., RANK, N. I., BUENO, T. B. A. **Análise dos fatores de perdas nos sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica em Curitiba.** Disponível em: <https://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2015_2_27/2015_2_27_final.pdf>. Acesso em: 29 de mai 2019.

BLUESOL. **Suporte para placa solar: manual prático para escolher a estrutura mais indicada e garantir a durabilidade do seu sistema.** Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/suporte-para-placa-solar/>>. Acesso em: 20 de ago 2019.

BRITO, M. C.; VALLÊRA, A. **Meio século de história fotovoltaico.** Departamento de Física e Centro de Física da Matéria Condensada (CFMC): 2006.

CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. **Valores de Tarifa e Serviços.** Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/valores_de_tarifa_e_servicos.aspx>. Acesso em: 15 de mai 2019.

CENÁRIO MT. **Eficiência Energética é aliada dos pequenos negócios.** 29 abr. 2015. Disponível em <http://www.cenariomt.com.br/noticia/441362/eficiencia_energetica-e-aliados-pequenos-negocios.html>. Acesso em 10 set. 2017.

CREATO. **Certificações, normas e selos.** Disponível em: <<http://www.creato.com.br/categoria/certificacoes-normas-e-selos/>>. Acesso em: 09 out. 2016.

CRESESB. Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaico.** Edição Atualizada e Revisada. Rio de Janeiro, março 2014.

DAVIDSON, J.; KOMP, R. J. **The New Solar Electric Home: The Photovoltaic How-to Handbook.** AATEC, Publications, 1995.

FRONIUS. Disponível em: <https://www.fronius.com/pt-br/brasil/energia-solar/produtos/residencial/inversor/fronius-primo/fronius-primo-6-0-1>>. Acesso em: 23 mai. 2019.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Lâmpada LED.** Disponível em: < <http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/cartilhas/lampada-led/lampadaled.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2019.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Manual para Aplicação do RTQ-C.**

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas.** 2010

JORNAL DO COMMERCIO. **Consumo de Energia Elétrica**. Disponível em <http://www.jcom.com.br/noticia/138385/Consumo_de_energia_eletrica_aumentou_36_no_a_no_passado>. Acesso em 01 dez. 2016.

LABEEE. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Classificação bioclimática das sedes dos municípios brasileiros**. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/Classificacao_Municipios_Brasileiros.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2019.

LAMBERTS, R., DUTRA, L., PEREIRA, F.O.R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3ª edição. São Paulo: ProLivros, 2013.

LAMBERTS, R. L. (coord). **Etiquetagem de Eficiência Energética De Edificações**. Caderno 1 – Manual explicativo do Ministério de Minas e Energia, 2010.

LEVA, F. F. et al. **Modelo de um projeto de um sistema fotovoltaico**. Disponível em: < <http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n5v2/084.pdf>>. Acesso em: 05 de mai. 2019.

MINHA CASA SOLAR. Disponível em: <https://www.minhacasasolar.com.br/produto/painel-solar-360w-canadian-solar-cs3u-360p-79351?utm_source=GoogleShopping&utm_medium=&utm_campaign=GoogleShopping&gclid=Cj0KCQjwuLPnBRDjARIsACDzGL1Pd13J_-dn39ZnnFYT11Zh5XNI-UuIGS9BmNoJpnJkTxK94B4ssaAkDOEALw_wcB>. Acesso em: 23 mai. 2019.

NASCIMENTO, C. A. do. **Princípio do Funcionamento da Célula Fotovoltaica**. 2004. 21 f. Monografia (Pós-graduação em Tecnologia) – Programa de Pós-graduação em Tecnologia, Universidade Federal de Lavras, 2004. Disponível em: <www.solenerg.com.br/files/monografia_cassio.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2019.

PEDROSO, A. R. **Iluminação de exteriores utilizando tecnologia LED: estudo de caso**. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/120463/pedroso_ar_tcc_guara.pdf?>. Acesso em: 10 Março 2017.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; ABREU, S. L.; RÜTHER, R. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José dos Campos: INPE, 2006.

PMI. Prefeitura Municipal de Ituiutaba. Secretaria da Fazenda.

PROCEL. 1. **Avaliação do mercado de eficiência energética do Brasil**. Sumário Executivo – Ano Base 2005. 2007.

S3E. **Simulador de Eficiência Energética de Edificações**. Labeee, 2016. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/projetos/s3e>>. Acesso em: 25 set.2016.

SIQUEIRA, L. M. **Estudo do Dimensionamento e da Viabilidade Econômica de Microgerador Solar Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica**. Universidade federal de juiz de fora, Faculdade de Engenharia Elétrica, 2015.

SODA. Solar Radiation Data. **Averaged Solar Radiation 1990-2004**. Disponível em: <<http://www.soda-pro.com/maps/maps-for-free>> Acesso em: 15 mai. 2019.

SOLARVOLT. **String Box: o que é e como funciona**. Disponível em: <<https://www.solarvoltenergia.com.br/blog/string-box-o-que-e-e-como-funciona/>>. Acesso em: 17 ago. 2019.

USGBC. The U.S. Green Building Council. Disponível em: <<https://new.usgbc.org/>>. Acesso em 17 ago. 2017.____

Webprescritivo. **Ferramenta de Avaliação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais pelo Método Prescritivo do RTQ-C**. Labeee, 2016. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/projetos/s3e/webprescritivo>>. Acesso em: 25 set. 2016.