

**Sustentabilidade em edifício residencial no município de Dourados, MS**  
Sustainability in residential building in the municipality of Dourados, MS  
***Durabilité dans le bâtiment résidentiel dans la municipalité de Dourados, MS***  
*Sostenibilidad en Edificio Residencial en el Municipio de Dourados, MS*

Orlando Moreira Júnior<sup>1</sup>  
Celso Correia de Souza<sup>2</sup>  
Paulo Henrique Ternovoe Nepomuceno<sup>3</sup>  
Bruno Machado Antunes<sup>3</sup>

Recebido em 16/11/2017; revisado e aprovado em 10/04/2018; aceito em 19/04/2018  
DOI: <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v0i0.1758>

**Resumo:** Este trabalho apresenta dois sistemas alternativos dimensionados para um edifício residencial, já concluído, com o intuito de suprir o consumo de água e energia elétrica nas áreas comuns. O primeiro sistema capta água da chuva para posterior utilização com fins não potáveis. No segundo sistema, de geração de energia solar fotovoltaica integrada à rede, o objetivo principal foi suprir o consumo de energia elétrica nas áreas comuns do edifício.

**Palavras-chave:** armazenamento de água da chuva; energia solar fotovoltaica; instalação predial.

**Abstract:** This paper presents two alternative systems are designed for a residential building, already completed, in order to supply the consumption of water and electricity in the common areas. The first system captures rainwater for later use with non-potable purposes. In the second system, photovoltaic solar power generation network-integrated, the main objective was to supply the electric power consumption in the common areas of the building.

**Keywords:** rain water storage; photovoltaic solar energy; building installation.

**Résumé:** Ce travail présente deux systèmes alternatifs conçus pour un bâtiment résidentiel, déjà achevé, dans le but de fournir la consommation d'eau et d'électricité dans les zones communes. Le premier système récupère l'eau de pluie pour une utilisation ultérieure à des fins non potables. Dans le deuxième système, la production d'énergie solaire photovoltaïque intégrée au réseau, l'objectif principal était de fournir la consommation d'électricité dans les parties communes du bâtiment.

**Mots-clés:** Stockage de l'eau de pluie; énergie solaire photovoltaïque; installation de construction.

**Resumen:** Este trabajo presenta dos sistemas alternativos dimensionados para un edificio residencial, ya concluido, con el propósito de suplir el consumo de agua y energía eléctrica en las áreas comunes. El primer sistema capta agua de lluvia para su posterior utilización con fines no potables. En el segundo sistema, de generación de energía solar fotovoltaica integrada a la red, el objetivo principal fue suplir el consumo de energía eléctrica en las áreas comunes del edificio.

**Palabras clave:** almacenamiento de agua de lluvia; energía solar fotovoltaica; instalación del edificio.

## 1 INTRODUÇÃO

Em uma construção sustentável, basicamente pode-se citar três tipos de economia de energia, economia direta, que ocorre porque construções mais eficientes consomem menos energia; economia de energia indireta, que corresponde à economia de energia para a economia nacional como um todo, que ocorre quando quedas na demanda total por energia orientam a queda do

<sup>1</sup> Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal (Uniderp-Anhanguera), Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

<sup>3</sup> Sunlight Engenharia, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.



preço geral de mercado da energia; e a economia chamada de “energia embutida”, resultante de reduções na quantidade de energia consumida pelos materiais e na atividade construtiva dos edifícios. A redução das emissões, especialmente as reduções de CO<sub>2</sub>, o principal gás causador de mudanças climáticas, é cada vez mais reconhecida como benefício importante decorrente do consumo reduzido de energia pelos edifícios sustentáveis (KATS, 2013).

Na literatura científica, os termos, sustentável, sustentabilidade e desenvolvimento sustentável ainda não possuem uma concordância ou uniformidade de opiniões. Segundo Lindsey (2011), existe uma diversidade de conceitos relacionada ao desenvolvimento sustentável. Essa diversidade de conceitos varia em virtude do número de perspectivas e vinculações ao contexto e ao campo de atuação (STEPANYAN; LITTLEJOHN; MARGARYAN, 2013).

Yolles e Fink (2014) fazem referência ao estudo desses termos e concluem que devem reconhecer a existência de várias formas de sua utilização, sendo esta dependente da orientação cognitiva.

Segundo Elkington (1997), o desenvolvimento sustentável prega a preservação do meio ambiente, justiça social e prosperidade econômica, enquanto Kats (2013), destaca que as construções são projetadas e construídas para satisfazer objetivos de menor custo de construção, com pouca preocupação em relação a como elas se relacionam entre si ou como elas moldam nossas vidas e nossa subsistência.

A Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) é uma certificação internacional que garante economia de custos no consumo de energia elétrica, menores emissões de carbono e ambientes mais saudáveis para os moradores de edificações que recebem essa certificação (GBC BRASIL, 2018).

Segundo a GBC Brasil (2018), o LEED possui quatro tipologias que consideram as diferentes necessidades para cada tipo de empreendimento, sendo elas: Novas construções e grandes reformas, Escritórios comerciais lojas e varejo, Empreendimentos existentes e Bairros. Após a escolha da tipologia para a certificação de casas e condomínios, são analisadas oito áreas: Implantação, Uso Eficiente da Água, Energia e Atmosfera, Materiais e Recursos, Qualidade Ambiental Interna, Requisitos Sociais, Inovação e Projeto e Créditos Regionais.

A certificação LEED pode ser aplicada a residências, casas ou qualquer outra edificação e em qualquer momento, seja no projeto, construção ou operação. Os projetos que buscam a certificação LEED são analisados nas oito grandes áreas, e todas possuem pré-requisitos, ou seja, práticas obrigatórias e créditos que, à medida que são atendidos, garantem pontos à edificação. O nível de certificação é definido conforme a quantidade de pontos adquiridos, podendo variar de 40 pontos a 110 pontos (GBC BRASIL, 2018).

Há um grande desafio de tornar mais sustentáveis os edifícios já existentes e construídos sem a devida importância aos critérios de construção sustentável, eles acabam sendo os grandes responsáveis pelo uso ineficiente da água e energia do planeta. O processo de reabilitação de edifícios, para torná-los sustentáveis, é bem mais complexo do que uma construção nova sustentável, em alguns casos mais críticos devido aos custos e incômodos gerados aos usuários e vizinhos (JOHN; RACINE, 2010).

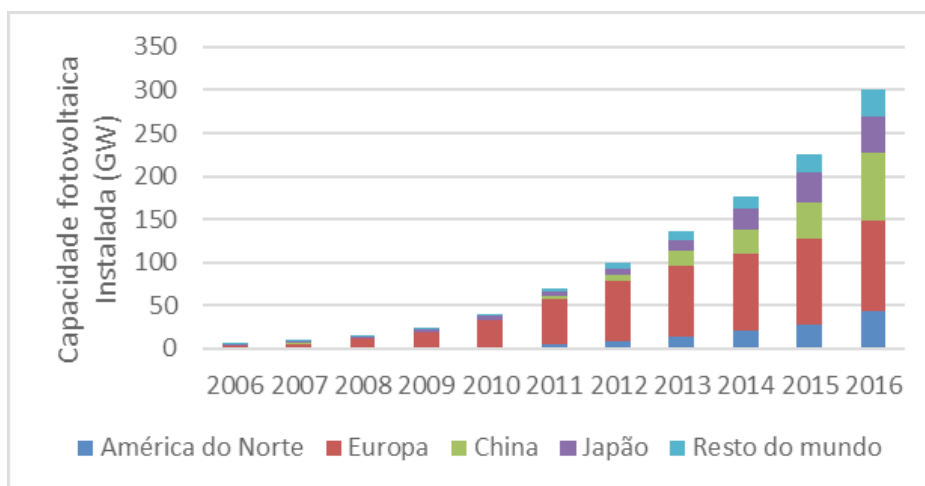
O aumento da demanda energética, em conjunto com a possibilidade de redução da oferta de combustíveis convencionais, e a crescente preocupação com a preservação do meio ambiente, cada vez mais impulsionam a utilização de fontes alternativas de energia menos poluentes, renováveis e que produzam pouco impacto ambiental. A geração fotovoltaica tem

grande potencial no Brasil devido a sua localização geográfica, estando em sua maior parte na região intertropical (MME, 2016).

Das várias fontes de energia renováveis, a energia solar fotovoltaica é uma das que mais cresce atualmente no mundo. De acordo com a British Petroleum (2017), a energia fotovoltaica teve um crescimento de 33,2% em 2016, atingindo 301,4 GW de capacidade instalada, sendo a Europa responsável por cerca de um terço dessa produção (105,4 GW), com destaque para a Alemanha (41,3 GW) e Itália (19,3 GW), e também para os países asiáticos Japão (42,8 GW) e China (78 GW), conforme mostrado na figura 1.

O Brasil deu um importante passo na direção da regulamentação da produção da energia elétrica através de fontes renováveis ao editar a Resolução Normativa REN 482/2012 que regula a micro e a minigeração de energia, junto com a sua atualização REN 687/2015, de 24 de novembro de 2015, que entrou em vigor em 1º de março de 2016 (ANEEL, 2012; 2015).

Figura 1 – Produção fotovoltaica mundial



Fonte: Adaptado de BRITISH PETROLEUM (2017).

Além da preocupação com a demanda energética, outro insumo necessário para o desenvolvimento socioeconômico das nações é a disponibilidade de água. Este deve ser um dos principais fatores a ser considerado no desenvolvimento sustentável. Sabe-se que a população mundial aumenta a um ritmo elevado e conseqüentemente a procura de água potável também cresce. Além disso, outros fatores como as alterações climáticas que ocorrem por razões ambientais, a poluição dos aquíferos que se tem verificado por todo o planeta, a falta de tratamento de águas residuais e do correspondente reaproveitamento fazem com que a situação atual se torne preocupante (SACADURA, 2011).

Segundo a WWAP (2015), o Brasil, em 2008, tinha uma disponibilidade *per capita* de 70 mil metros cúbicos de água doce por ano. Já segundo a FAO (2017), esse índice atualmente situa-se na faixa 41,5 mil metros cúbicos (redução de 40,7%), e essa é uma tendência mundial.

O aproveitamento da água da chuva é uma das soluções mais simples e de menor custo para preservar a água potável, pois, além de trazer o benefício da conservação da água e reduzir a dependência excessiva das fontes superficiais de abastecimento, reduz o escoamento superficial, minimizando os problemas com enchentes (ANNECCHINI, 2005).

Este trabalho tem como objetivo apresentar as discussões da sustentabilidade em um edifício já construído na cidade de Dourados, MS, através do guia de certificação da GBC Brasil (2018), onde foi realizado o projeto e dimensionamento de dois sistemas alternativos para um edifício residencial, já concluído, com o intuito de suprir o consumo de água não potável e energia elétrica nas áreas comuns.

O primeiro sistema capta água da chuva para posterior utilização com fins não potáveis, tais como rega de jardim e limpeza das áreas comuns do edifício. O sistema deve aproveitar a energia potencial de um sistema elevado, compreendendo apenas um reservatório, um filtro, um sifão ladrão e um freio d'água. No segundo sistema, de geração de energia solar fotovoltaica integrada à rede elétrica, o objetivo principal é suprir o consumo de energia elétrica nas áreas comuns do edifício. Através da estimativa dos custos dos equipamentos dos sistemas, feita com fornecedores locais, é apresentada uma análise de viabilidade econômica, em que são utilizados os fatores de tempo de amortização e calculados o VLP e payback.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Um edifício residencial de quatro andares com quatro apartamentos por andar, localizado na cidade de Dourados, MS, foi utilizado como parâmetro para o estudo de caso deste trabalho. A edificação não foi projetada para ser um edifício sustentável. Portanto este estudo, guardando-se as proporções e especificidades de cada edificação, pode ser utilizado para propor soluções sustentáveis em outros edifícios.

Foram projetados e dimensionados, para a edificação, um sistema para prover água não potável e outro para geração de energia elétrica para as áreas comuns do prédio.

No dimensionamento do sistema fotovoltaico, foram utilizadas normas, a NBR 10.899/2013, que trata da terminologia utilizada em arranjos fotovoltaicos, a NBR 11704/2008, que trata da classificação dos sistemas fotovoltaicos, a NBR 5410/2004, para definição da bitola dos cabos de conexão do sistema levando-se em conta a temperatura de trabalho, a NBR 16.149/2013 e a NBR 16.150/2013, que tratam das características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição, a NBR 16.274/2014, que trata dos requisitos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho de sistemas fotovoltaicos, e a norma NBR/IEC 62.116/2012, que trata dos procedimentos de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.

No projeto e dimensionamento do sistema de aproveitamento de água de chuva, a metodologia apresentada neste trabalho seguiu as preconizações da norma NBR 10844/1989, que trata das instalações prediais de águas pluviais. Também foi utilizada a norma NBR 15527/2007, que apresenta os requisitos para aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. O reservatório de água da chuva foi projetado e dimensionado segundo as normas NBR 12.721/2006, que trata do custo unitário básico para construções na área de residência multifamiliar, NBR 6118/2003, que trata do projeto de estruturas de concreto, e NBR 6123/1988, que trata das forças devidas ao vento em edificações.

Uma análise de sustentabilidade foi realizada, no prédio, calculando sua pontuação após a instalação dos elementos propostos neste artigo, utilizando as normas de certificação GBC Brasil Condomínio (GBC BRASIL, 2018).

A pontuação levou em conta os pesos e ponderações entre os diversos créditos que são divididos nas categorias: Implantação, Uso Eficiente da Água, Energia e Atmosfera, Materiais

e Recursos, Qualidade Ambiental Interna, Requisitos Sociais, Inovação e Projeto e Créditos Regionais.

Neste trabalho, houve pontuação no crédito da categoria Uso Eficiente da Água, com a proposta de implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva, e crédito referente à categoria Energia e Atmosfera, com a proposta de implantação do sistema de geração de energia elétrica através de um sistema fotovoltaico.

### 3 PROJETO E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

Visando minimizar os custos, procurou-se projetar e dimensionar o sistema de captação de água de chuva utilizando-se da estrutura existente no prédio, tal como calhas e condutores horizontais e verticais.

Diferentemente dos sistemas de captação de água de chuva convencionais, os quais armazenam a água da chuva em cisternas enterradas ou no nível do solo, o presente trabalho propõe a utilização do reservatório disposto a uma determinada altura acima do solo, buscando aproveitar a pressão por gravidade devido à altura do prédio, evitando assim a necessidade da instalação de uma bomba de recalque. O edifício possui uma altura total de 18,18 m, sendo a altura das calhas até o solo de 14,38 m. Com o objetivo de atender às necessidades das áreas comuns do prédio, utilizou-se a NBR 15527/2007, que trata do aproveitamento da água da chuva para o projeto do reservatório.

A intensidade pluviométrica (I) pode ser estimada através da equação 1, que relaciona intensidade, duração e frequência da precipitação pluvial com base em uma série histórica suficientemente longa e representativa dos eventos extremos (NÓIA, 2013). A intensidade pluviométrica depende da duração da precipitação (t) do período de retorno e de parâmetros dos instrumentos de medida, e podem ser calculados pela equação 1.

$$I = \frac{K.T^{aa}}{(t+b)^c} \quad (1)$$

Onde:

I = intensidade pluviométrica (mm/h);

T = período de retorno (anos);

t = duração da chuva (minutos);

K, a, b, c, = parâmetros empíricos que dependem da estação pluviográfica.

A vazão de projeto, que considera o estabelecimento da máxima vazão a ser considerada, foi determinada utilizando a intensidade pluviométrica da cidade de Dourados em mm/h. Para isso, foram utilizadas as preconizações do Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n. 44 desenvolvido por Pereira *et al* (2007). Esse documento utiliza os dados das estações meteorológicas da Embrapa Agropecuária Oeste e da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). A equação 2, resulta na vazão de projeto.

$$Q = \frac{K.S. \sqrt[3]{R_H^2}}{\eta} \sqrt{i} \quad (2)$$

Onde:

Q = vazão da calha (l/min);

S = área molhada (m<sup>2</sup>);

RH = raio hidráulico (adimensional);

i = declividade da calha (m/m);

n = coeficiente de rugosidade;

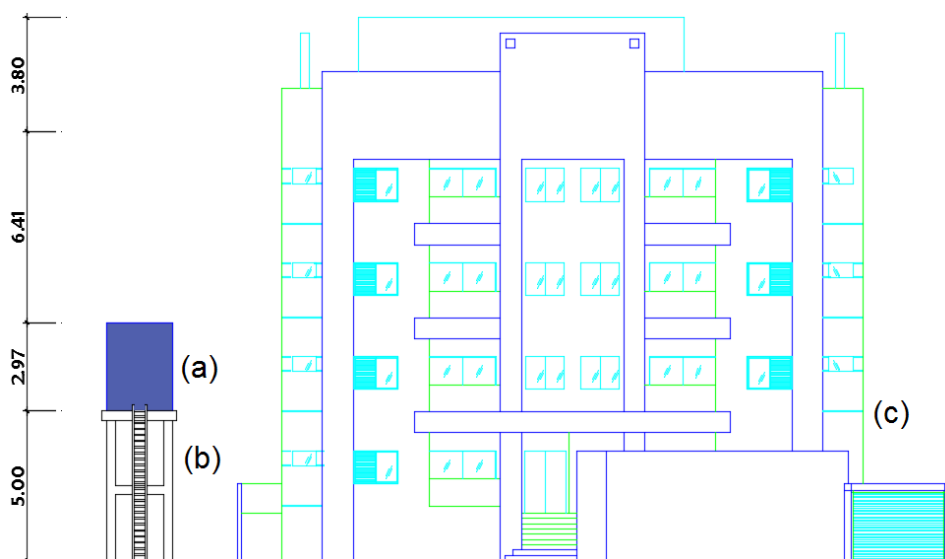
K = 60000 (coeficiente para transformar a vazão em m<sup>3</sup>/s para l/min).

Para o dimensionamento do reservatório da água de chuva, foi utilizado o Método Alemão, segundo a norma NBR 15527/2007 e o estudo de Antunes (2016). Com isso, conclui-se que a demanda anual de água não potável do prédio foi estimada em 120 m<sup>3</sup>, chegando a um resultado de 7.200 litros. Para os cálculos da análise econômica, utilizou-se como valor de referência, um reservatório comercial de 7.500 litros, que é o reservatório com capacidade mais próxima da calculada.

Tomando como referência os valores fornecidos pelo Sindicato Intermunicipal da Indústria da Construção do Estado de Mato Grosso do Sul (SindusConMS), o custo unitário básico para construções na área de residência multifamiliar é de 1.079,61 R\$/m<sup>2</sup>. Esse valor é calculado de acordo com a NBR 12.721/2006, e já estão embutidos o material e a mão de obra. Utilizando as condições estabelecidas por Antunes (2016), o custo da estrutura de sustentação do reservatório, figura 2, foi de aproximadamente R\$ 12.199,00, utilizado na composição do valor total desse sistema, na análise econômica.

Para evitar que folhas e outras partículas sólidas entrem no reservatório através dos dutos (calhas), foi introduzido na instalação um filtro baseado na área de captação disponível do telhado de 267,36 m<sup>2</sup>. Assim, o modelo comercial que mais se aproximou dessa característica foi um filtro indicado para edificações com área de telhado de até 600m<sup>2</sup>. Também foram acoplados ao sistema um sifão ladrão, que impede que o reservatório transborde, e um freio d'água, que retira a pressão da água e, dessa forma, não remexe a sedimentação no fundo do reservatório.

Figura 2 – Dimensões representativas entre (a) reservatório, (b) estrutura de sustentação e (c) edifício. Cotas em metros.



Fonte: Adaptado de ANTUNES (2016).

#### 4 PROJETO E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

O projeto e dimensionamento do sistema de geração de energia elétrica fotovoltaico, para as áreas comuns do prédio, baseou-se no consumo médio de 12 meses sequenciais, como descrito na metodologia de Antunes (2016). O consumo apresentou uma média anual de 387 kWh. Segundo a metodologia, leva-se em conta o rendimento dos módulos fotovoltaicos, a energia gerada pelos módulos em função da radiação solar média diária no local, equação 3. A radiação local foi obtida através do programa SunDATA que é disponibilizado pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB, 2017).

$$E_p = G_M \cdot A \cdot \eta \cdot 30 \quad (3)$$

Onde:

$E_p$  = Energia gerada pelo módulo mensalmente (kWh);

$G_M$  = radiação solar média diária no local (kWh/m<sup>2</sup>/dia);

$A$  = área do módulo fotovoltaico (m<sup>2</sup>);

$\eta$  = eficiência do módulo fotovoltaico (adimensional).

A quantidade de módulos fotovoltaicos, é obtida pela equação 4.

$$N_p = \frac{E_T}{E_p} \quad (4)$$

Onde:

$N_p$  = número de módulos fotovoltaicos a instalar;

$E_T$  = consumo mensal (kWh);

$E_p$  = Energia gerada pelo módulo mensalmente (kWh);

A potência total a ser instalada é calculada usando a equação 5.

$$P_T = P_{max} \cdot N_p \quad (5)$$

Onde:

$P_T$  = potência total a ser instalada (W);

$P_{max}$  = potência máxima do módulo fotovoltaico (W);

$N_p$  = número de módulos fotovoltaicos a instalar.

O inversor possui uma corrente máxima de entrada CC. Para garantir que esse valor não seja ultrapassado, pode-se calcular o número máximo de fileiras das séries fotovoltaicas através da equação 6, conectadas em paralelo, de acordo com Pinho e Galdino (2014):

$$N^{\circ} \text{ séries } FV_{\text{paralelo}} = \frac{I_{m\acute{a}x}}{I_{SC}} \quad (6)$$

Onde:

$I_{m\acute{a}x}$  = corrente máxima CC admitida na entrada do inversor (A);

$I_{SC}$  = corrente de curto circuito do módulo fotovoltaico (A).

A ligação deve ser feita em dois conjuntos em paralelo de cinco módulos em série, totalizando 10 módulos.

## 5 RESULTADOS

Utilizando a norma NBR 10844/1989, a intensidade pluviométrica ( $I$ ) pode ser obtida através da equação 1, que relaciona intensidade, duração e frequência da precipitação pluvial com base em uma série histórica suficientemente longa e representativa dos eventos extremos (NÓIA, 2013).

$$I = \frac{K \cdot T^a}{(t + b)^c} = \frac{2668,78 \cdot T^{0,1771}}{(t + 28,07)^{0,9213}} = 141,31 \text{ mm/h}$$

Utilizando a equação 2, para as condições estabelecidas por Antunes (2016), calcula-se a vazão de projeto, utilizando-se as calhas já presentes no prédio.

$$Q = \frac{K \cdot S \cdot \sqrt[3]{R_H^2}}{\eta} \sqrt{i} = \frac{6000 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 0,15^2}{8}\right) \cdot \left(\frac{0,15}{4}\right)^{2/3} (0,01)^{1/2}}{0,011} = 540 \frac{l}{min}$$

O cálculo da energia gerada pelos módulos é função da radiação solar média diária local, igual a 5,03kWh/m<sup>2</sup>/dia, da área (1638mm de comprimento e 982mm de largura) e do rendimento dos módulos fotovoltaicos igual a 16,16% foi obtido utilizando-se a equação 3.

$$E_p = G_M \cdot A \cdot \eta \cdot 30 = 5,03 \cdot (1,638 \cdot 0,982) \cdot 0,1616 \cdot 30 = 39,22 \text{ kWh/mês}$$

Após a definição da capacidade de geração de energia pelos módulos, pode-se calcular a quantidade de módulos fotovoltaicos, utilizando-se a equação 4.

$$N_p = \frac{E_T}{E_p} = \frac{387}{39,22} = 9,87 \text{ módulos}$$

O cálculo do número de módulos realizado através da equação 4, mostra que serão necessários 10 módulos de 260Wp localizados no telhado do prédio, orientados para o norte geográfico com uma inclinação de 22°. Também faz parte da instalação um inversor de 3000W. Com o número de módulos fotovoltaicos calculados, é possível saber, através da equação 5, a potência total a ser instalada.

$$P_T = P_{max} \cdot N_p = 260 \times 10 = 2600W$$

O número máximo de fileiras das séries fotovoltaicas, que depende da corrente máxima CC de entrada no inversor, é calculado por meio da equação 6:

$$N^{\circ} \text{ séries FV}_{paralelo} = \frac{I_{máx}}{I_{SC}} = \frac{19,8}{9,12} = 2,17$$



## 6 ANÁLISE ECONÔMICA E DE SUSTENTABILIDADE

Segundo Antunes (2016), o levantamento dos custos dos equipamentos do sistema de captação de água de chuva resultou em um total de R\$ 20.849,12. Já o sistema de geração de energia fotovoltaico, em R\$ 24.621,40.

Para o sistema fotovoltaico, considerou-se 1% de degradação no primeiro ano e 0,7% nos demais, custo de manutenção de 0,5% ao ano, uma inflação projetada de 7% ao ano e uma inflação energética média de 5%, com troca do inversor no décimo quinto ano. Com isso, o *payback* simples mostra um retorno financeiro após sete anos, já o VPL mostra que o fluxo de caixa será positivo após treze anos. Usando a metodologia do *payback* descontado, o retorno financeiro ocorre no décimo quarto ano.

No sistema de captação de água de chuva, as análises econômicas mostram que o retorno financeiro seria possível após 28 anos.

Para a certificação GBC Brasil Condomínios, são analisadas oito áreas: Implantação, Uso Eficiente da Água, Energia e Atmosfera, Materiais e Recursos, Qualidade Ambiental Interna, Requisitos Sociais, Inovação e Projeto e Créditos Regionais (GBC BRASIL, 2018).

Segundo o guia de certificação para condomínios da GBC Brasil (2018), com a proposta de introdução dos sistemas de aproveitamento de água da chuva e geração de energia elétrica através da tecnologia fotovoltaica, no prédio, apenas duas categorias são contempladas, Uso Eficiente da água e Energia e Atmosfera.

Como existem pré-requisitos, que são ações obrigatórias em qualquer empreendimento que busca a certificação, o não cumprimento de um dos diversos pré-requisitos, nas diversas categorias, impossibilita o empreendimento receber a certificação. As ações previstas pelo GBC Brasil (2018) geram uma pontuação que vai garantir o grau da certificação que o empreendimento receberá.

No estudo realizado neste trabalho, como apenas duas categorias foram contempladas, o prédio não seria creditado, e teria um total de 34 pontos, sendo 10 pontos, pela introdução do sistema de captação de água de chuva, e 24 pontos, pela implantação do sistema de geração de energia fotovoltaica.

## 7 CONCLUSÃO

O sistema de geração de energia elétrica, com a utilização de 10 módulos fotovoltaicos, será capaz de suprir a demanda elétrica das áreas comuns do prédio utilizando apenas uma pequena parte do telhado, sendo este passível de expansão, caso aumente o consumo elétrico. A análise econômica mostrou a viabilidade da implantação do sistema, por apresentar um tempo de retorno, tanto pelo método do *payback* simples quanto pelo descontado, menor do que sua de vida útil estimada em 25 anos, graças às quedas nos custos dos componentes desses sistemas nos últimos anos.

O projeto de captação de água da chuva deveria ser uma alternativa a ser adotada em todos os projetos prediais, mesmo que esse tipo de sistema apresente um custo de implantação elevado, o que ocasionou um período de retorno financeiro acima de 28 anos, principalmente porque a água ainda é um recurso de baixo custo no Brasil.

O resultado da verificação global da edificação demonstra que o nível de sustentabilidade ambiental da edificação está abaixo do mínimo, que seria de 40 pontos, segundo os critérios da GBC Brasil (2018).

**REFERÊNCIAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 16274*. Sistemas fotovoltaicos conectados à rede – requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 10899*. Energia solar fotovoltaica – terminologia. Nov. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 62116*. Procedimento de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. Mar. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 11704*. Sistemas fotovoltaicos – classificação. Jan. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 15527*. Água da chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Set. 2007

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 12721*. Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios. Ago. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 5410*. Instalações elétricas de baixa tensão. Set. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 6118*. Projeto de estruturas de concreto – procedimento. Mar. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 10844*. Instalações prediais de águas pluviais. Dez. 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 6123*. Forças devidas ao vento em edificações. Jun. 1988.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). *Resolução normativa n. 687*, de 24 de novembro de 2015. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: maio 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). *Resolução normativa n. 482*, de 17 de abril de 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: maio 2017.

ANNECCHINI, K. P. V. *Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)*. Orientador: Ricardo Franci Gonçalves. 2005. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)- Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005. Disponível em: [http://www.ct.ufes.br/ppgea/files/VERSÃOfinal-KarlaPonzo.PRN\\_.pdf](http://www.ct.ufes.br/ppgea/files/VERSÃOfinal-KarlaPonzo.PRN_.pdf). Acesso em: maio 2017.

ANTUNES, B. M. *Dimensionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede e um sistema de captação de água da chuva para um edifício residencial*. Orientador: Orlando Moreira Júnior 2016. 86f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Energia)- Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2016.

BRITISH PETROLEUM (BP). *Statistical review of world energy*, jun. 2017. Disponível em: [https://www.bp.com/content/dam/bp-country/de\\_ch/PDF/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf](https://www.bp.com/content/dam/bp-country/de_ch/PDF/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf). Acesso em: abr. 2017.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO (CRESESB). *Potencial Solar*, 2017. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>. Acesso em: 4 abr. 2017.

ELKINGTON, J. *Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st Century Business*. Oxford: Capstone, 1977. 402p.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (GBC BRASIL). *Certificação Condomínio*. GBC BRASIL, 2018. Disponível em: [www.gbcbrazil.org.br](http://www.gbcbrazil.org.br). Acesso em: 28 mar. 2018.

JOHN, V. M.; RACINE, T. A. P. (Coord.). *Boas práticas para habitação mais sustentável: Selo Caixa Azul*. São Paulo: Páginas & Letras, 2010.

KATS, G. *Greening our built environment: costs, benefits and strategies*. Washington: Island Press, 2013. 280p. ISBN 9781597266680.

LINDSEY, T. C. Sustainable principles: common values for achieving sustainability. *Journal Cleaner Production*, v. 19, n. 5, p. 561-65, 2011.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. *Resenha Energética Brasileira*, maio 2016. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/91108841/1+-+Resenha+Ener%C3%A9tica+Brasileira/f9d34960-a6b9-4aff-b58f-bd3a8204a2be;jsessionid=BB006231E837AC861D3390E3705B8D7D.srv155?version=1.0>. Acesso em: abr. 2017.

NÓIA, C. P. Z. Estimativa de precipitação pluvial máxima para o estado de Mato Grosso do Sul. Orientador: Silvio Bueno Pereira. 2013. 73p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2013.

PEREIRA, S. B.; FIETZ, C. R.; PEIXOTO, P. P. P.; ALVES SOBRINHO, T.; SANTOS, F. M. *Equação de intensidade, duração e frequência da precipitação para a região de Dourados, MS*. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. 18p. (Documentos/Embrapa Agropecuária Oeste, n. 44).

SACADURA, F. O. M. O. Análise de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edifícios. Orientador: Dr. João Leal. 2011. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, PT, 2011. Disponível em: <https://run.unl.pt/handle/10362/6153>. Acesso em: abr. 2017.

STEPANYAN, K.; LITTLEJOHN, A.; MARGARYAN, A. Sustainable e-Learning: toward a coherent body of knowledge. *Educational Technology & Society*, v. 16, n. 2, p. 91-102, 2013.

UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME (WWAP). The United Nations World Water Development Report 2015. *Water for a Sustainable World*. Paris: UNESCO, 2015. ISBN 978-92-3-100071-3.

YOLLES, M.; FINK, G. The Sustainability of Sustainability. *Business Systems Review*, v. 3, n. 2, p. 1-32, 2014.

### **Sobre os autores:**

**Orlando Moreira Júnior:** Pós Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional da Universidade Anhanguera-Uniderp (UNIDERP). Professor da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Engenharia (FAEN). **E-mail:** [orlandojunior@ufgd.edu.br](mailto:orlandojunior@ufgd.edu.br), **Orcid:** <http://orcid.org/0000-0002-6232-7100>

**Celso Correia de Souza:** Mestrado em Matemática Aplicada e Doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Graduação em Matemática pela Faculdade

de Filosofia Ciências e Letras de Penápolis. Professor doutor da Universidade Anhanguera-Uniderp, Campus de Campo Grande, MS. Pesquisador da Fundação Manoel de Barrós (FMB) e do Núcleo de Estudos e Pesquisas Econômicas e Sociais (NEPES), que calcula a Inflação da cidade de Campo Grande, MS. **E-mail:** celso939@gmail.com, **Orcid:** <http://orcid.org/0000-0002-2689-8264>

**Paulo Henrique Ternovoe Nepomuceno:** Engenheiro de Energia pela Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Projeta instalações elétricas e de geração de energia solar fotovoltaica na Empresa Sunlight Engenharia. **E-mail:** ph\_nepomuceno@hotmail.com, **Orcid:** <http://orcid.org/0000-0002-1265-1527>

**Bruno Machado Antunes:** Engenheiro de Energia pela Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). cursando Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Candido Mendes. Projeta instalações elétricas e de geração de energia solar fotovoltaica na Empresa Sunlight Engenharia. **E-mail:** brunomachadoantunes@hotmail.com, **Orcid:** <http://orcid.org/0000-0002-4222-0787>