

SUSTENTABILIDADE EM EDIFÍCIO RESIDENCIAL

Orlando Moreira Júnior*, Celso Correia de Souza, Bruno Machado Antunes, Paulo Henrique Ternovoe Nepomuceno.

* Universidade Anhanguera-Uniderp e-mail orlandojunior2014@gmail.com

RESUMO

O termo sustentabilidade está cada vez mais presente em nosso dia a dia. Pode-se dizer que ela é baseada em três aspectos: o ambiental, o econômico e o social, que devem coexistir em equilíbrio. Como estes aspectos representam variáveis independentes, as escolhas resultantes serão diferentes em cada situação apresentada. Este trabalho tem o objetivo de apresentar as discussões acerca do conceito teórico de sustentabilidade, novas práticas sustentáveis adotadas recentemente no mercado de obras habitacionais em Dourados. A metodologia do presente trabalho consiste no estudo do conceito de sustentabilidade e na descrição do funcionamento e aplicação dessas práticas em uma construção finalizada. Trata-se de 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, tais como rega de jardim e limpeza das áreas comuns do edifício. O sistema foi dimensionado e projetado para 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, o objetivo principal foi suprir o consumo de energia elétrica nas áreas comuns do edifício. Foram estimados os custos dos equipamentos dos sistemas, sendo feita uma pesquisa com fornecedores locais. Na análise de viabilidade econômica, foram utilizados os fatores de tempo de amortização e calculados o VLP e payback.

Palavras-chave: Dimensionamento; água da chuva; energia solar, instalação predial.

INTRODUÇÃO

Em uma construção sustentável, basicamente pode-se citar três tipos de economia de energia, a economia direta, que ocorre porque construções mais eficientes consomem menos energia, a economia de energia indireta, que corresponde a economia de energia para a economia nacional como um todo, que ocorre quando quedas na demanda total por energia orientam a queda do 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 CO₂, o principal gás causador de mudanças climáticas, são cada vez mais reconhecidas como benefícios importantes decorrentes do consumo reduzido de energia pelos edifícios sustentáveis (KATS, 2013).

Há um grande desafio de tornar mais sustentáveis, os edifícios já existentes e que foram construídos em um período que não se dava 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 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 desta 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, junto com a sua atualização REN 687/2015, de 24 de novembro de 2015, que entrou em vigor em 01 de março de 2016 (ANEEL, 2017 a,b).

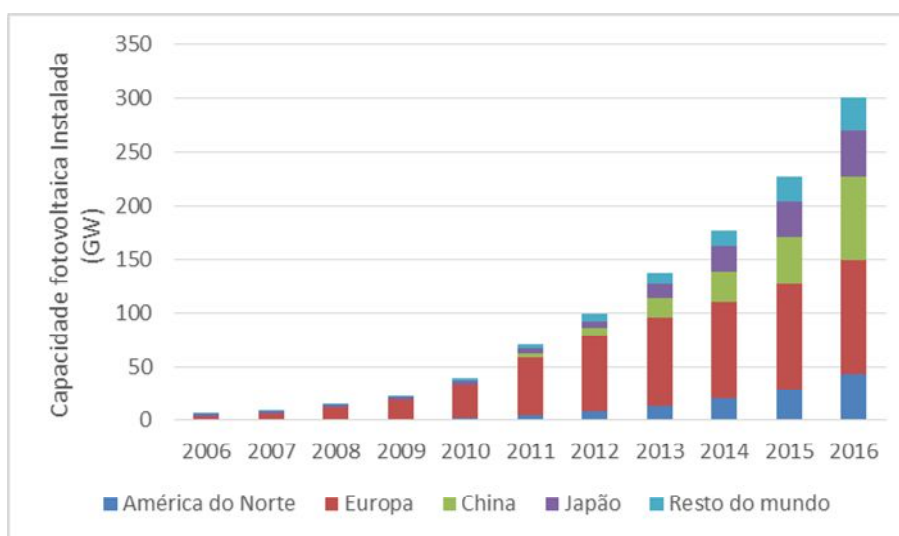


Figura 1. Produção fotovoltaica mundial (Fonte: Adaptado de BRITISH PETROLEUM, 2017)

Além da preocupação com a demanda energética outro insumo necessário para o desenvolvimento socioeconômico das nações e a disponibilidade de água. Este deve ser um dos principais fatores a serem considerados no desenvolvimento sustentável. Sabe-se que a população mundial aumenta a um ritmo elevado e consequentemente a procura de água potável também cresce. Além disso, outros fatores como as alterações climáticas que ocorrem por razões ambientais, a poluição desregada 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 por 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 baratas 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).

OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo apresentar as discussões acerca do conceito teórico de sustentabilidade em novas práticas adotadas no mercado de obras habitacionais em Dourados-MS. 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 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, 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, onde são utilizados os fatores de tempo de amortização e calculados o VLP e payback.

METODOLOGIA

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 desse 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, dois sistemas para prover água não potável e energia elétrica para as áreas comuns.

No dimensionamento do sistema fotovoltaico foram utilizadas as normas 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, as NBR 16.149/2013 e 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 seguiram 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.

RESULTADOS

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). Utilizando a norma NBR 10844/1989 e as considerações feitas por Antunes, (2016), o período de retorno, que depende da área a ser drenada e a duração da precipitação (t) podem ser encontrados e substituídos na equação 1.

$$I = \frac{KT^a}{(t+b)^c} = \frac{2668,78 T^{0,1771}}{(t+28,07)^{0,9213}} = 141,31 \text{ mm/h} \quad \text{equação (1)}$$

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 foi determinada utilizando a intensidade pluviométrica da cidade de Dourados em mm/h. Para isto, foram utilizadas as preconizações do Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento N° 44 desenvolvido por Pereira *et al* (2007). Este documento utiliza os dados das estações meteorológicas da Embrapa Agropecuária Oeste e da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD.

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

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

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), mostrou que a demanda anual de água não potável do prédio foi estimada em 120 m³, 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\$/m². Este 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 m². Assim, o modelo comercial que mais se aproximou dessa característica foi um filtro indicado para edificações com área de telhado de até 600m². 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, desta forma, não remexe a sedimentação no fundo do reservatório.

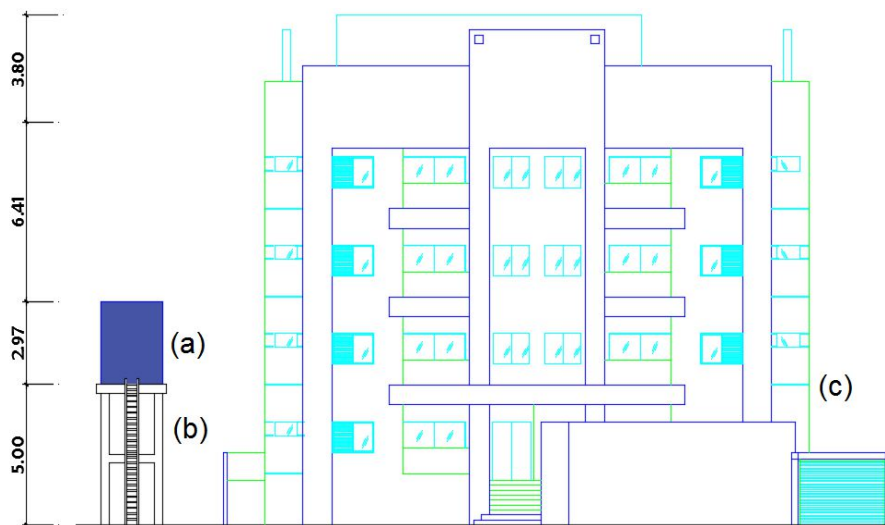


Figura 2. Dimensões representativas entre (a) reservatório, (b) estrutura de sustentação e (c) edifício. Cotas em metros. (adaptado de ANTUNES, 2016)

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 (16,16%), 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) através do endereço eletrônico <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>>. 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.

$$E_P = G_M \cdot A \cdot \eta \cdot 30 = 5,03 \cdot (1,638 \cdot 0,982) \cdot 0,1616 \cdot 30 = 39,22 \text{ kWh/mês} \quad \text{equação (3)}$$

Onde:

E_P = Energia gerada pelo módulo mensalmente (kWh);

G_M = radiação solar média diária no local (kWh/m²/dia);

A = área do módulo fotovoltaico (m²);

η = eficiência do módulo fotovoltaico (adimensional).

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

$$N_P = \frac{E_T}{E_P} = \frac{387}{39,22} = 9,87 \text{ módulos} \quad \text{equação (4)}$$

Onde:

N_P = número de módulos fotovoltaicos a instalar;

E_T = consumo mensal (kWh);

E_P = Energia gerada pelo módulo mensalmente (kWh);

Com o número de módulos fotovoltaicos calculados, é possível saber, através da equação 5, a potência total a ser instalada.

$$P_T = P_{\max} \cdot N_P = 260 \cdot 10 = 2600W \quad \text{equação (5)}$$

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 este valor não seja ultrapassado, pode-se calcular o número máximo de fileiras das séries fotovoltaicas, equação 6, conectadas em paralelo, de acordo com Pinho e Galdino (2014):

$$N^{\circ} \text{ séries } FV_{\text{paralelo}} = \frac{I_{\max}}{I_{SC}} = \frac{19,8}{9,12} = 2,17 \quad \text{equação (6)}$$

Onde:

I_{\max} = 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.

Análise Econômica

Usando as informações de Antunes, (2016), foi feito um levantamento dos custos dos equipamentos do sistema de captação de água de chuva, que resultou em um total de R\$ 20.849,12. Já o sistema de geração de energia fotovoltaico 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 05% 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. Já 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.

CONCLUSÕES

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 no custo 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 este tipo de sistema apresente um custo de implantação elevado, o que ocasionou um período de retorno financeiro acima de 28 anos, principalmente por que a água ainda é um recurso de baixo custo no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.844/1989. **Instalações Prediais de Águas Pluviais**. NBR 15527/2007. **Água da Chuva: Aproveitamento de Coberturas em Áreas Urbanas para Fins Não Potáveis**. NBR 12.721/2006. **Avaliação de custos Unitários de Construção para Incorporação Imobiliária e outras Disposições para Condomínios Edifícios**. NBR 6118/2003. **Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**. NBR 6123/1988. **Forças Devidas ao Vento em Edificações**. NBR 16.274/2014. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede - Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho**.
2. ANEEL, **Resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012 (a)**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: maio de 2017. **Resolução normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015 (b)**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em mai. de 2017.
3. ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)**. 2015. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005. Disponível em: <[http://www.ct.ufes.br/ppgea/files/VERSÃO final - Karla Ponzo.PRN_.pdf](http://www.ct.ufes.br/ppgea/files/VERSÃO%20final%20-%20Karla%20Ponzo.PRN_.pdf)>. Acesso em mai. 2017.
4. ANTUNES, B. M. **Dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede e um Sistema de Captação de Água da Chuva para um Edifício Residencial**. 2016. 86p. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia de Energia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.
5. BRITISH PETROLEUM (BP) - **Statistical Review of World Energy June 2017**. Disponível em: <<https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2015/bp-statistical-review-of-world-energy-2015-full-report.pdf>>. Acesso em abr. 2017.
6. JOHN, V. M. RACINE, T. A. P. (Coords.). **Boas Práticas Para Habitação Mais Sustentável: Selo Caixa Azul**. São Paulo: Páginas & Letras, 2010.
7. KATS, GREGORY. **Greening our built environment: costs, benefits and strategies**. ISBN 9781597266680. Editora: Island Press, 2013 280p.
8. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Resenha Energética Brasileira**. Edição de maio de 2016. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/02+-Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira+2016+-+Ano+Base+2015+\(PDF\)/66e011ce-f34b-419e-adf1-8a3853c95fd4;jsessionid=B415252F7145EC1BD6596B2C8137D1B8.srv155?version=1.0](http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/02+-Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira+2016+-+Ano+Base+2015+(PDF)/66e011ce-f34b-419e-adf1-8a3853c95fd4;jsessionid=B415252F7145EC1BD6596B2C8137D1B8.srv155?version=1.0)>. Acesso em abr. 2017.
9. NÓIA C. P. Z. **Estimativa de Precipitação Pluvial Máxima para o Estado de Mato Grosso do Sul**. 2013. 73p. Dissertação de Mestrado –Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.
10. 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, nº 44).
11. SACADURA, F. O. M. O. **Análise de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edifícios**. 2011. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011. Disponível em: <http://run.unl.pt/bitstream/10362/6153/1/Sacadura_2011.pdf>. Acesso em abr. 2017.
12. WWAP - **United Nations World Water Assessment Programme**. 2015. The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. Paris, UNESCO. ISBN 978-92-3-100071-3.