



XICBPE

CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO

CUIABÁ - MT

11 a 14 de setembro de 2018

Com-ciência hídrica e eficiência energética – Projeto piloto para uma escola pública municipal em Teófilo Otoni - MG

RESUMO

Foi proposto nesse estudo uma análise de viabilidade de implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais e de eficiência energética em uma escola de ensino fundamental no município de Teófilo Otoni - MG. Para isso, inicialmente foi feito um levantamento do histórico de chuva na cidade, do consumo de água da escola, dos equipamentos elétricos, eletrônicos e hidrossanitários presentes no local e das dimensões da área disponível para captação. A partir daí foi calculado o volume aproveitável, tornando possível uma análise comparativa entre demanda e aproveitamento pluvial. A eficiência energética foi especialmente focada em iluminação, comparando potência e fluxo luminoso das lâmpadas presentes no local com lâmpadas LED (*Light Emitting Diode*). Através desses estudos, foi possível identificar um elevado potencial tanto para o aproveitamento de água pluvial, que foi capaz de suprir toda demanda não potável em meses mais chuvosos, quanto para a questão da eficiência energética, que foi capaz de reduzir a potência instalada em 37,5% causando o mesmo efeito luminoso. Portanto, o projeto indicou alto potencial de implantação dos dois sistemas, acarretando em ganho ambiental, social e econômico.

Palavras-chave: Eficiência Energética, Águas Pluviais, Recursos Hídricos, Consciência Ambiental.

ABSTRACT

This study suggest a feasible analysis of a rainwater utilization and energy efficiency system in a primary school in the municipality of Teófilo Otoni – MG. At the beginning research was conducted about the history of rain in the city, the school water consumption, and the electrical and hydro-sanitary equipment present in the place along with the available catchment area size. From that point on, the useful volume was calculated, making possible a comparative analysis between demand and rainfall. Energy efficiency was especially focused on lighting, comparing power and light flux of the lamps on the site with LED (*Light Emitting Diode*) lamps. Through these studies, it was possible to identify a high potential use of rainwater that was able to supply all forms of non-potable demand in wetter months, for the energy efficiency issue, that was able to reduce installed power by 37.5% causing the same luminous effect. Therefore, the project indicated high potential of implantation of both systems, causing an environmental, social, and economic gain.

Keywords: Energy Efficiency, Rainwater, Water Resources, Environmental Awareness.

1. INTRODUÇÃO

A temática aqui discutida é essencialmente focada na preservação do meio ambiente através do uso racional da água e de energia elétrica. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), em 2017, o consumo de água doce no Brasil foi de cerca de 1.109 m³/s, e é estimado que esse consumo aumente em 30% até 2030 (ANA, 2017). Além disso, a geração de energia também compromete parte das águas disponíveis para consumo, através das usinas hidrelétricas e dos sistemas de resfriamento em termelétricas, por exemplo. Outro ponto considerável é o de que as usinas hidrelétricas, que representam a maior parte do parque gerador elétrico nacional, causam um impacto ambiental bastante amplo configurando o desperdício de energia como algo nocivo ao meio ambiente.

Questões ambientais também podem afetar a disponibilidade de água, como a crise hídrica vivenciada no final de 2014, que gerou sérias consequências em diversos setores, como o de geração de energia elétrica, o abastecimento das cidades e na agricultura. Conforme consta no Boletim do Legislativo nº 27, elaborado por Cerqueira *et al.* (2015), a principal causa da crise hídrica não é a falta de chuvas, muito menos a falta de investimentos. Para o autor, “do ponto de vista estritamente

econômico, a melhor forma de lidar com escassez pontual e decorrente de eventos extremos é racionar a demanda” (CERQUEIRA *et al.*, 2015, p.2). Outro ponto da questão é o desperdício de água tratada no país, que segundo o governo federal, chega a 37%, devido a perdas e ligações irregulares.

Diante disso, pensar a questão da eficiência energética e da com-ciência hídrica como maneira de impactar positivamente o ambiente e a sociedade é uma necessidade crescente nos dias atuais, principalmente devido ao crescimento populacional, econômico e industrial, que aumenta significativamente a demanda por água e energia.

Desse modo, para equilibrar o grande volume de água embutido nas atividades humanas, é essencial buscar formas de aproveitá-la de maneira racional, assim, a utilização de águas pluviais apresenta-se como alternativa para amenizar esse problema. Polleto (2001) ressalta que todas as práticas referentes ao uso consciente da água devem ser valorizadas, dando prioridade àquelas que apresentem maior simplicidade atrelada a comprovada eficiência. A lei das águas, que apresenta diretrizes para o planejamento e gestão das águas, também abrange a questão da utilização da água da chuva, como está incluso no inciso IV: Art. 2º “o de incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais” (BRASIL, 1997, p.1).

Os benefícios associados a sistemas de coleta de água da chuva são diversos, como citam Lima *et al.* (2011): redução de investimentos para captação, transporte e tratamento da água para abastecimento público; redução de enchentes e redução de custos mitigatórios de alagamentos. Jaques (2005) destaca também a influência positiva no sistema de drenagem urbana, através da melhor distribuição de cargas. Campos (2004) cita ainda o impacto ambiental associado à construção de barragens para abastecimento urbano, obras necessárias de acordo com a demanda de água, logo, a utilização de sistemas individuais de acumulação, como por exemplo cisternas, diminuiria a demanda e amenizariam esses impactos. Além desses benefícios ao poder público, há também aqueles associados diretamente a unidade coletora, através do uso dessa água para fins não potáveis, impactando em uma redução na conta de água.

Almeida e Gomes (2011) investigaram o potencial para a captação de água da chuva para abastecimento de escolas na cidade de Cuité – PB, concluindo que o volume potencial anual médio é capaz de atender mais de 80% do consumo de água

nas quatro escolas investigadas. Um estudo semelhante foi realizado por Silva (2003) em outra cidade paraibana, Campina Grande. Nesse caso a captação de água nos telhados das escolas correspondeu a 86% da demanda das mesmas. Os dois autores deram enfoque à necessidade de implantação de sistemas que aproveitam esse potencial, tendo em vista o racionamento de água enfrentado no estado, devido à crise hídrica.

O Instituto Leonardo da Vinci, localizado na França, escola que atendia 1.500 alunos em 2004, o sistema foi efetivamente implantado: a água da chuva é coletada, filtrada e levada a dois reservatórios, que são responsáveis por suprir a lavagem de pisos, irrigação de jardins e descargas sanitárias. Em três anos de funcionamento, o sistema apresentou-se satisfatório, provendo quase toda a necessidade para os fins supracitados nas épocas de cheia (GOUVELLO, 2003 *apud* CAMPOS 2004).

No que tange a questão da qualidade da água das chuvas, seu uso direto – sem sistemas de tratamento – deve ser sempre como água não potável. Tomaz (2003) estimou a quantidade de água utilizada por uma escola municipal de ensino fundamental com total de 1.550 pessoas e concluiu que seriam necessários 7.020 m³/ano de água não potável, volume que poderia ser reduzido para 1.883 m³/ano com um aproveitamento de 80% de água da chuva.

Como supracitado, o desenvolvimento das comunidades humanas afetam não só a demanda de água, mas também de energia elétrica. Com a finalidade de suprir o crescimento da demanda energética serão necessários altos investimentos na expansão da matriz existente e implantação de novas tecnologias voltadas para esse setor no Brasil. Tais investimentos, ao mesmo passo que levam desenvolvimento, geram custos ao poder público e impactos ao meio ambiente e a sociedade. Uma alternativa para contornar esses problemas seria levar em consideração um conceito denominado “desenvolvimento limpo”, que em um panorama geral, busca formas de desenvolvimento menos agressivas. Uma alternativa para implantar o desenvolvimento limpo é buscar tecnologias que exigem menor consumo, ao passo que atendem as necessidades para as quais são requeridas, um exemplo é a troca de lâmpadas convencionais para lâmpadas do tipo LED, que apresentam eficiência energética cerca de 7 vezes maior que a de lâmpadas incandescentes (SANTOS *et al.*, 2015).

Portanto, o objetivo deste trabalho é analisar a possibilidade de implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais e de eficiência energética na Escola Municipal Honorinda Ferreira Cardoso localizada na Rua Ribeirão Preto, 830 - Jd. São Paulo, Teófilo Otoni - MG. A escola foi escolhida devido ao fato de estar localizada a cerca de 650m da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), sendo possível inserir a comunidade local no contexto da Universidade. Com isso, além do ganho ambiental e econômico associado ao projeto em si, visa-se também um ganho social devido à aplicação em uma escola, que é o local de formação inicial do cidadão e onde é possível instaurar a consciência ambiental de maneira mais efetiva.

2. METODOLOGIA

A princípio coletaram-se dados específicos sobre o local, como séries históricas de chuvas; clima; temperatura; histórico de consumo de água e energia; levantamento de equipamentos elétricos e hidrossanitários; levantamento de demanda de água não potável; e potenciais áreas de captação de águas pluviais.

Adiante, os dados foram reunidos e analisados, comparando o consumo médio, com o volume de água de chuva aproveitável. Concomitantemente foi realizada uma comparação entre a eficiência das lâmpadas fluorescentes e a viabilidade de uma possível troca por modelo LED com fluxo luminoso equivalente ao existente nas instalações da escola.

2.1 Caracterização do Local

O local escolhido para realização do projeto foi a Escola Municipal Honorinda Ferreira Cardoso, que atende alunos do Ensino Fundamental I e EJA (Educação de Jovens e Adultos), localizada na Rua Ribeirão Preto, 830 - Jardim São Paulo, Teófilo Otoni - MG, localizada conforme Figura 1. A Figura evidencia a proximidade da escola com o Campus Mucuri da UFVJM e a localização de ambas no noroeste do estado de Minas Gerais.

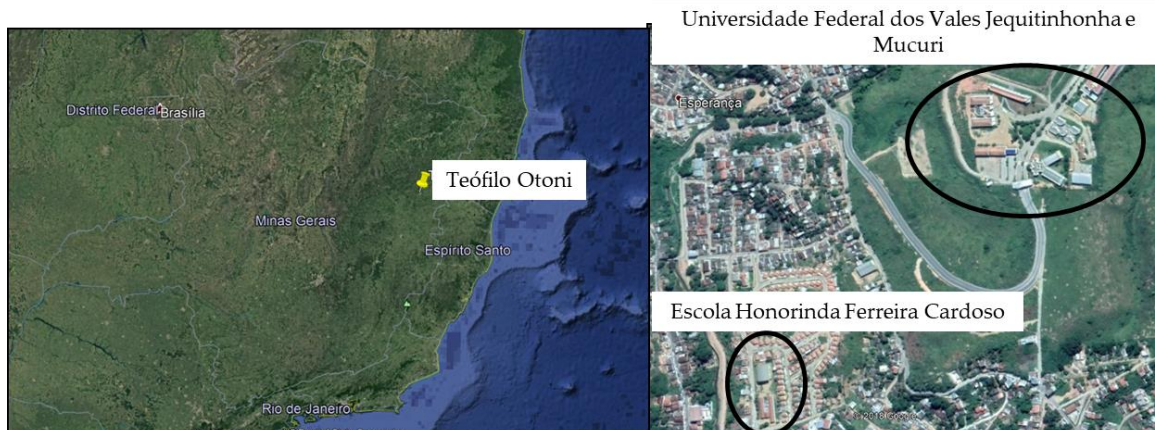


Figura 1 - Localização da Escola Municipal Honorinda Ferreira Cardoso (Google Earth, 2018).

Em relação ao clima predominante da região, este é classificado como Tropical semiúmido, caracterizado por uma estação seca e uma chuvosa. A temperatura média da cidade é 23°C (IBGE, 2002).

O histórico de chuvas da cidade foi obtido através do portal HIDROWEB da Agência Nacional de Águas (ANA). Foram coletados dados provenientes da estação localizada em Pedro Versiani distrito de Teófilo Otoni, situada a 20 km da escola em estudo, por ser a estação mais próxima do local estudado, e conter dados de 30 anos para garantir a solidez da amostra segundo recomendações práticas para estudos hidrológicos. Foi realizada uma média mensal dos dados e o gráfico de precipitação foi traçado.

Os dados referentes ao consumo de água e energia foram obtidos através do histórico de consumo do ano de 2017, levantados junto a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) e a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), respectivamente. Segundo a direção da escola, são 397 alunos regularmente matriculados e 60 funcionários, totalizando 457 pessoas, que representam os consumidores de água e energia do local.

A área escolhida para a captação da água da chuva foi a quadra poliesportiva da escola (Figura 2). Ela possui dimensões de 18 m x 28,3 m, medida durante visita a escola, correspondendo a uma área de 509,4 metros quadrados em projeção, utilizada para o cálculo do volume aproveitável.



Figura 2 – Quadra poliesportiva da Escola Municipal Honorinda Ferreira Cardoso.

Os equipamentos hidrossanitários e elétricos em uso no local estão apresentados na Tabela 1 e 2.

Tabela 1 - Equipamentos hidrossanitários.

Equipamento	Quantidade
Bacia sanitária	9
Ducha fria	1
Lavatório	8
Pia de cozinha	1
Torneiras (limpeza)	3

Tabela 2 - Equipamentos elétricos e eletrônicos.

Equipamento	Quantidade	Potência unitária (W)	Potência Instalada (W)
Computador com monitor	6	300	1.800
Freezer	2	500	1.000
Geladeira	1	250	250
Impressora/copiadora	4	45	180
Lâmpada fluorescente	9	40	360
Lâmpada fluorescente tubular	110	40	4.400
Micro-ondas	1	750	750
Televisor	2	300	600
Ventilador de parede	11	150	1.650
Ventilador de teto	3	100	300
TOTAL			11.290

Conforme apresentado na Tabela 2, o sistema de iluminação (4.760 W) corresponde a 42,16% da potência instalada total (11.290 W), por essa razão, o estudo focado em iluminação apresentaria grande relevância. Já no caso dos

equipamentos hidrossanitários apresentados na Tabela 1, as bacias sanitárias e as torneiras de limpeza, responsáveis pelo consumo não potável, portanto pontos de interesse para o possível aproveitamento de água da chuva.

2.2 Aproveitamento da Água da Chuva

O sistema de aproveitamento da água da chuva é tal que a água coletada do telhado da quadra de esportes será armazenada em reservatórios para então ser distribuída para uso não potável. Segundo Tomaz (2003) o consumo de água não potável em escolas de ensino fundamental representa aproximadamente 72% do consumo de água total.

2.2.1 Potencial do projeto

O potencial de projeto é dado pela quantidade de água que pode ser aproveitada no reservatório, que por sua vez, é proporcional a área da cobertura em projeção, aferida em uma visita à escola. Desse modo, o volume aproveitável, em metros cúbicos, foi calculado pelo método indicado pela NBR 15527:2007 segundo a Equação (1):

$$V = P * A * C * \eta_{\text{fator de captação}} \quad (1)$$

Onde: P - é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em metros (m); A - é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²); C - é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura (adimensional); $\eta_{\text{fator de captação}}$ - é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial (adimensional), caso este último seja utilizado.

O coeficiente de escoamento superficial é função do material das telhas, no caso de telhas corrugadas de metal é adotado um valor de 0,9. A eficiência do sistema de captação, que considera perdas no sistema devido essencialmente a dispositivos que buscam melhorar a qualidade da água coletada, foi adotado considerando 15% de perda (TOMAZ, 2003).

2.2.2 Descarte da primeira água da chuva

As águas pluviais são coletadas a partir de áreas impermeáveis, neste caso, os telhados. Esses locais estão sujeitos a acumulação de poeira, fezes animais e

outros tipos de potenciais contaminantes da água; portanto, é essencial que a primeira água da chuva seja descartada de modo a descartar também a sujeira acumulada nos períodos de seca. A quantidade de água descartada pelo sistema é contada como perda e é considerada dentro da eficiência do sistema.

2.3 Eficiência Energética

Após o levantamento dos equipamentos elétricos em uso no local, apresentados na Tabela 2, foi realizada uma análise especialmente focada em iluminação, no cálculo do consumo das lâmpadas com base em sua potência e no cálculo da eficiência energética com base na Equação 2.

$$Eficiência = \frac{Fluxo\ Luminoso}{Potência} \quad (2)$$

Foi realizada uma análise comparativa entre as lâmpadas presentes no local e lâmpadas LED, em termos de eficiência, consumo e durabilidade; a fim de verificar a viabilidade técnica da substituição.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Aproveitamento de água da chuva

Os dados de precipitação estão apresentados na Figura 3, eles representam um período de 30 anos. É possível verificar que a estação seca ocorre entre os meses de abril a setembro (média de 41,31 mm), e a estação chuvosa entre os meses de outubro a março (média de 217,64 mm).

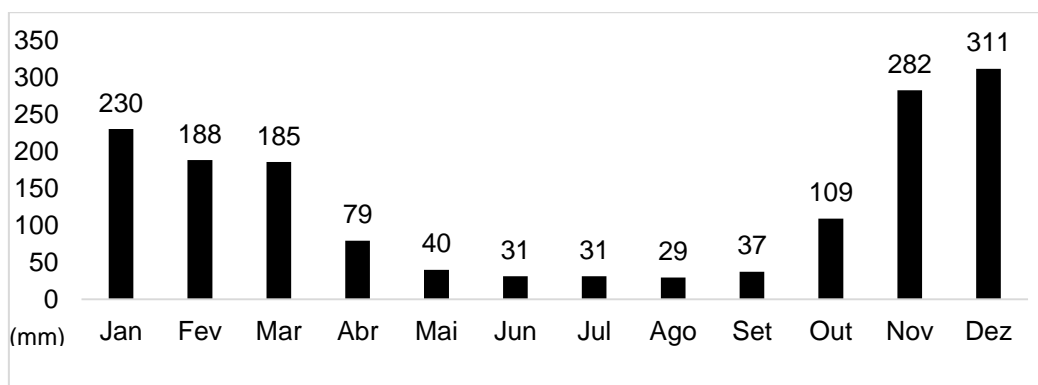


Figura 3 - Precipitação média mensal entre os anos 1987 e 2017.

O consumo de água na escola, fornecido pela COPASA, o volume aproveitável, calculado através da área disponível para captação, e o consumo não potável, calculado segundo Tomaz (2003).

Através da análise da Figura 4, é possível verificar que o aproveitamento de água da chuva é suficiente para suprir toda a demanda de água não potável nos meses chuvosos já avaliados anteriormente, e parcialmente nos meses de menor precipitação.

Fazendo uma análise ampla, o volume aproveitável acumulado ao longo do ano (605,5 m³) supera o consumo não potável anual (408,2 m³). Isso significa uma sobra de 197,3 m³. Em termos gerais, isso indica que caso seja possível armazenar todo o volume de água o sistema teria potencial de suprir o consumo não potável, superior a 100%.

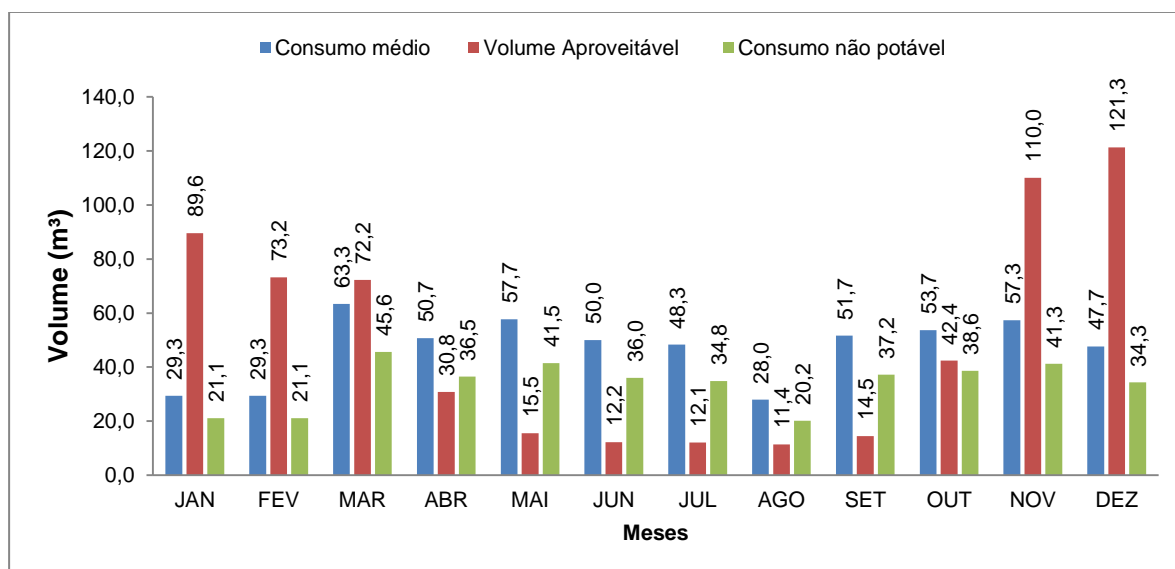


Figura 4 - Consumo médio mensal e volume aproveitável em 2017.

3.2 Eficiência energética

Os equipamentos apresentados na Tabela 2 implicam em um consumo médio mensal de 758 kWh na escola, segundo o histórico de contas levantado junto a CEMIG. A quantidade elevada de lâmpadas corresponde a uma grande parte desse consumo, e a substituição por modelos LED certamente implicaria em uma diminuição considerável desse consumo.

As dependências da escola são dotadas de 55 luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes modelo FT 40216 de 40W de potência, e fluxo luminoso de 2.300 *lúmens* por lâmpada. A escola é composta por 6 salas de aula, e cada sala possui 8

luminárias, totalizando 640 W de potência para chegar a 36.800 *lúmens* por sala. A simples substituição por modelos LED demandaria 37,5% menos potência para o mesmo fluxo luminoso. E ao invés de utilizar 8 luminárias, seria possível o uso de apenas 5 luminárias com 2 lâmpadas do modelo TL40616 40W (EMPALUX,2018). Além disso, segundo a empresa, a vida útil das lâmpadas LED é 3 vezes maior se comparada as lâmpadas fluorescentes.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à análise realizada através dos dados de precipitação do local, consumo de água potável e não potável da escola, foi possível verificar a viabilidade técnica de implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva. Os resultados obtidos mostraram um elevado potencial para utilização do sistema, com atendimento total do uso não potável nos meses de outubro a março, e parcial no restante do ano. E ainda ao comparar em termos totais (anuais), verifica-se que a disponibilidade (volume aproveitável) é maior que a demanda (consumo não potável), ou seja, o potencial de aproveitamento corresponde a 148,31% a demanda não potável.

No que tange a questão energética, a simples substituição das lâmpadas fluorescentes por lâmpadas do tipo LED, acarretaria em uma diminuição de 37,5% da potência instalada para iluminação e uma conseqüente diminuição no consumo de energia elétrica. Portanto, é possível ajustar a forma de utilização da água e da energia, buscando a máxima eficiência através de práticas simples e sistemas que aproveitem ao máximo os recursos ambientais e tecnológicos disponíveis, acarretando em ganho econômico e ambiental.

Verificada a viabilidade técnica, poderão ser realizados outros estudos referentes a viabilidade econômica para implantação do sistema de aproveitamento da água da chuva e a substituição de lâmpadas, além de cartilhas educativas para os alunos e a possibilidade de replicar o projeto em outras escolas do município.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, H. A.; GOMES, M. V. A. *“Potencial para a captação de água da chuva: alternativa de abastecimento de água nas escolas públicas de Cuité-PB”*, XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Guarapari – ES, 18 – 21 jul. 2011.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. “NBR 15527: água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos.” Rio de Janeiro, 2007.

ANA. Agência Nacional de Águas. “Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno”, 2017. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/>>. Acesso em: 06 abr. 2018.

BRASIL. “Lei das Águas - Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997”. Institui a Política Nacional, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm>. Acesso em: 01 mar. 2018.

CAMPOS, M. A. S.. “Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos”, 2004. 131 f. Dissertação de mestrado (mestre em engenharia civil). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2004.

CERQUEIRA, G. A.; PINTO, H.S.; FARIA, I. D.; BAPTISTA, J. C. R.; KASSMAYER, K.; SOUZA, L. B. G.; KÖHLER, M. A.; ABBUD, O. A.; PINTO, V. C. “A Crise Hídrica e suas Consequências”, Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, abril/2015 (Boletim Legislativo nº 27, de 2015). Disponível em: <www.senado.leg.br/estudos>. Acesso em: 30 nov. 2017.

EMPALUX. *Catálogo anual*. 2018. Disponível em <<http://www.empalux.com.br/?a1=p&c=000002&s=000102>> acesso em maio de 2018.

GOUVELLO, B., BAZAR, G., DERRIEN, F., “Collecting and reusing Rainwater in building for collective use in France”, American Rainwater Catchment System Association Conference. 2003. Austin, Estados Unidos, Anais eletrônicos, 2003. In: CAMPOS, M. A. S., “Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos”, 2004. 131 f. Dissertação de mestrado (mestre em engenharia civil). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapa de clima do Brasil*. Diretoria de Geociências, Rio de Janeiro, 2002. Disponível em <ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/climatologia/mapas/brasil/clima.pdf> acesso em maio de 2018.

JAQUES, R. C. “Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações”, 2005. 102 f. Dissertação de mestrado (Mestre em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

LIMA, J. A.; DAMBROS, M. V. R.; ANTONIO, M. A. P. M.; JANZEN, J. G.; MARCHETTO, M. “Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia”, *Eng. Sanit. Ambiental*, Cuiabá – MT, v.13, n.3, jul./set. 2011.

POLETTI, I. “*Programa de cisternas caseiras no Brasil: Iniciativas simples, grandes soluções*” Cáritas Brasileira, 3º Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-Árido Brasileiro. Campina Grande – PB, 2001.

SANTOS, T. S.; BATISTA, M. C.; POZZA, S. A.; ROSSI, L.S. “Análise da eficiência energética ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais”, *Eng. Sanit. Ambiental*, v.20, n.4, out./dez. 2015.

SILVA, O. J. “*Captação de águas pluviais na cidade de Campina Grande – PB: alternativa para uma política de enfrentamento da escassez de água nas escolas públicas.*”, 2003, 85 f. Dissertação de mestrado (Mestre em Sociedade e Cidadania). Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, 2003.

TOMAZ, P. “*Aproveitamento de água de chuva*”, 2. ed. São Paulo: Edit. Navegar, 2003.