

XVI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE
15º SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES
DE LÍNGUA PORTUGUESA

CARACTERIZAÇÃO DA SÉRIE HISTÓRICA DE PRECIPITAÇÃO
VISANDO SUBSIDIAR PROJETOS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA
CHUVA

Álvaro José Back¹

RESUMO – A norma técnica vigente recomenda, para estudo de viabilidade técnica e econômica do sistema de captação de água da chuva, realizar estudos das séries históricas de precipitação da região onde será feito o projeto. Este trabalho teve como descrever os principais aspectos a serem observados na análise de dados de precipitação visando o dimensionamento e estudo de viabilidade do sistema de captação da água da chuva. Foi utilizada a série histórica de chuva diária de Vargem Bonita (SC) de 1944 a 2020. Foram determinados os valores mensais de chuva e também a chuva provável utilizando a distribuição Gama. Foi determinada a série de máximas anuais de chuva diária e a sequência de dias secos consecutivos. Com a distribuição Gumbel foram estimados os valores de chuva máxima diária e da duração máxima do período seco. Os resultados mostraram que a análise de chuva mensal é importante para incluir um fator de risco no dimensionamento dos reservatórios. A duração do período de dias secos permite dimensionar o reservatório para atender a demanda no período crítico de acordo com o clima do local. A análise dos eventos de chuva permite dimensionar as estruturas de captação e condução da água.

ABSTRACT– The current technical standard recommends, for the technical and economic feasibility study of the rainwater harvesting system, to carry out studies of the historical series of precipitation in the region where the project will be carried out. This work aimed to describe the main aspects to be observed in the analysis of precipitation data aiming at the design and feasibility study of the rainwater harvesting system. The historical series of daily rainfall of Vargem Bonita (SC) from 1944 to 2020 was used. Monthly values of rain to probable rain were determined using the Gamma distribution. The series of annual maximum daily rainfall and the sequence of consecutive dry days were determined. With the Gumbel distribution, the values of maximum daily rainfall and maximum duration of the dry period were estimated. The results showed that the analysis of monthly rainfall is important to include a risk factor in the design of reservoirs. The duration of the dry day period allows the reservoir to be dimensioned to meet the demand in the critical period according to the local climate. The analysis of rain events allows the dimensioning of the water capture and conduction structures.

Palavras-Chave – precipitação; cisternas; uso racional

¹ Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), Estação Experimental de Urussanga, Rod.. SC 108, n° 1563, km353, Bairro da Estação, Urussanga, SC, CEP 88840-000, fone 55(48) 3403-1382, e-mail: ajb@@epagri.sc.gov.br

INTRODUÇÃO

O aproveitamento da água da chuva é apontado como uma medida necessária para a promoção do uso racional da água. Zatta et al. (2018) discutem a importância de aproveitar a água da chuva para usos não potáveis e sua contribuição para a sustentabilidade. Na região Nordeste do Brasil existe um histórico de utilização de sistemas de aproveitamento de água da chuva. Rezende e Tecedor (2017) destacam que na região Sudeste tem sido discutido a utilização de sistemas de captação de água da chuva como forma de contribuir para a solução da escassez de água e também das inundações urbanas nas regiões metropolitanas. Com as frequentes estiagens observadas nas últimas décadas na região Sul, a captação de água da chuva é apontada como uma medida para diminuir os problemas de falta de água no meio urbano e também no meio rural (REGELMEIER e KOZERSKI, 2015).

O sistema de captação de água da chuva em coberturas e telhados é composto por vários elementos, como calhas, condutores verticais, condutores horizontais, sistema de pré-limpeza, filtros e o reservatório ou cisterna. O dimensionamento das calhas e condutores é realizado com base nos valores de chuvas intensas do local. Em geral o reservatório é o elemento de maior custo e seu dimensionamento adequado é importante para garantir a viabilidade técnica e econômica do sistema de captação e armazenamento da água da chuva. (BRISTOT e BACK, 2009; FONTANELA et al., 2012). O desafio do dimensionamento do reservatório é determinar o volume para atender a demanda por maior tempo possível com menor custo. Rezende e Tecedor (2017) comentam que o reservatório de um sistema de aproveitamento de água de chuva não deve permanecer ocioso por longo período, bem como não pode provocar o desperdício de água pluvial em detrimento ao atendimento da demanda necessária.

No dimensionamento destes componentes deve-se considerar as características das chuvas da região. A norma técnica NBR15527 (ABNT, 2019) recomenda que o estudo de viabilidade técnica e econômica do sistema de captação de água da chuva deva considerar os estudos das séries históricas de precipitação da região onde será feito o projeto.

Este trabalho teve como descrever os principais aspectos a serem observados na análise de dados de precipitação visando o dimensionamento e estudo de viabilidade do sistema de captação da água da chuva

MATERIAL E MÉTODOS

Foram usados os dados de precipitação da estação Pluviométrica da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2020), localizada no município de Vargem Bonita, Oeste de

Santa Caarina. A estação pluviométrica (código 02651001) está localizada na latitude $-26,87^\circ$ e longitude $-51,80^\circ$, altitude de 1000m. Foram usados dados diários do período e 1944-2020. Alguns meses com falhas nos dados (1,3%) foram preenchidos com dados da estação pluviométrica Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI, 2020), localizada na cidade vizinha de Ponte Serrada.

Para a caracterização do regime mensal e anual de chuvas foram determinadas as séries de totais mensais. Foi ajustada distribuição gama para a determinação da chuva associada aso níveis de 5, 10, 20, 30,50, 70, 80, 90, 95% de probabilidade. A distribuição gama tem como função densidade de probabilidade

$$f(x) = \frac{1}{\alpha\beta\Gamma(\beta)} x^{\beta-1} e^{-x/\alpha} \quad (1)$$

Em que:

α e β são os parâmetros da distribuição;

$\Gamma(\beta)$ é a função gama

Os parâmetros da distribuição foram estimados pelo método da máxima verossimilhança, conforme descritos em TUCCI (2015).

Foi determinada a série de chuvas diárias máximas anuais e usando a distribuição e Gumbel-Chow (BACK, 2022) foram estimados os valores de chuva máxima esperada para diferentes períodos de retorno usando a equação 2.

$$X_T = \bar{x} + (Y - Y_n) \frac{S}{S_n} \quad (2)$$

Em que:

X_T = evento máximo estiado com período de retorno de T anos;

\bar{x} = média da série de máximas anuais;

S = desvio padrão da série de máximas anuais;

Y_n e S_n = respectivamente média e desvio padrão da variável reduzida (BACK, 2022).

Foram determinados os valores da duração do período de dias consecutivos secos considerando os critérios de dias secos os dias com precipitação menor que 2,0 mm ($p < 2,0$) e menor que 5,0 mm ($p < 5,0$). Com a série de máximas anuais de dias secos foram estimados os valores da duração do período seco usando a distribuição de Gumbel-Chow.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição mensal da chuva de Vargem Bonita está representada na Figura 1, onde são representados ainda os valores de chuvas mensais com diferentes níveis de probabilidade.

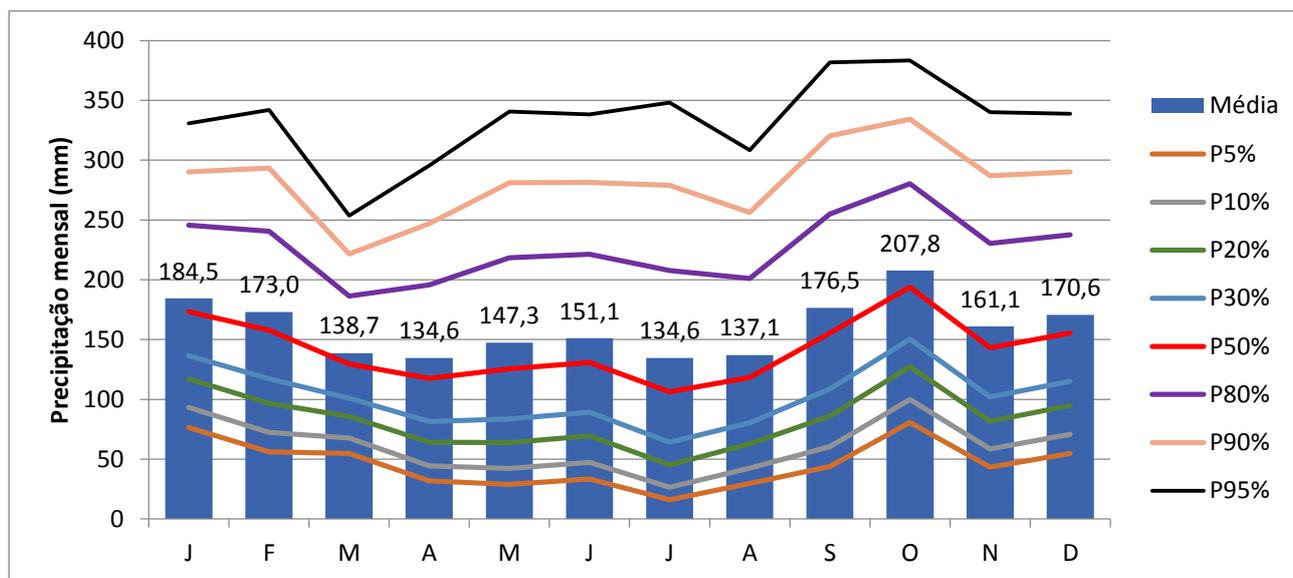


Figura 1 - Chuvas mensais de Vargem Bonita, SC referente ao período de 1944 a 2020

Os valores médios mensais de chuva variam de 134,6 a 207,8 mm, com média anual de 1917 mm, evidenciando o potencial de captação de água. Dados de chuvas mensais são importantes para avaliar o potencial de captação de água da chuva. Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2019), o volume de água da chuva disponível para a captação é estimado pelo produto da precipitação média anual ou mensal (mm) (P) pela área de coleta (m²) e pelo coeficiente C e o coeficiente de escoamento superficial da cobertura (Tabelado conforme a cobertura) e considerando ainda um fator de eficiência (η) do sistema de captação ($V = P A C \eta$). Existem métodos que dimensionam o volume do reservatório como percentual da precipitação anual. O Método Prático Inglês (TOMAZ, 2011) considera como volume da cisterna o valor correspondente a 5% do volume de precipitação anual. Outros métodos como o Método Prático Alemão, o Método Prático Australiano, Método de Rippl realizam um balanço hídrico considerando as precipitações médias mensais. Dornelles et al. (2010) destacam que o uso da precipitação média anual pode criar uma reserva deficitária. Na Figura 1 observa-se que a precipitação com 50% de probabilidade é inferior a precipitação média mensal, devido a assimetria nos dados de precipitação mensal. Dessa forma, ao adotar a chuva média espera-se que o atendimento da demanda corre com frequência inferior a 50%. Kobiyama et al. (2002) recomendam reduzir em 50% os volumes precipitados para aproveitamento no Brasil. Outra forma de considerar as variações da precipitação é adotar a chuva mensal com determinado nível de probabilidade. Existem vários trabalhos que mostram que a distribuição Gama tem proporcionado resultados satisfatórios na estimativa de frequência de dados de precipitação mensal. Dessa forma, pode-se escolher um nível de probabilidade mais adequado, como por exemplo, 20 ou 30% de

probabilidade, para obter a estimativa do volume de água aproveitável com menor risco de falhas no atendimento da demanda.

A série de máximas anuais apresentou valores de chuva variando de 47 a 158 mm, com média de 98,0 mm (Figura 2). O dimensionamento das calhas e dos condutores é realizado baseado na intensidade máxima da chuva máxima. Especificamente para as calhas a recomendação é utilizar a intensidade máxima da chuva com duração de 5 minutos e período de retorno (T) variando conforme o tipo da obra. O NBR 10844 (ABNT, 1985) indica e T de 5 anos para cobertura e terraços e T de 25 anos para os casos em que o empoçamento não é tolerável. A NBR 15527 recomenda o mínimo T de 25 anos. A intensidade da chuva pode ser obtida a partir das equações de chuvas intensas disponíveis para várias locais (BACK e CADORIN, 2020) ou estimadas a partir da chuva máxima diária usando os coeficientes de desagregação da chuva diária em chuvas de menor duração ou ainda a equação de chuvas intensas alternativa proposta por Back (2020).

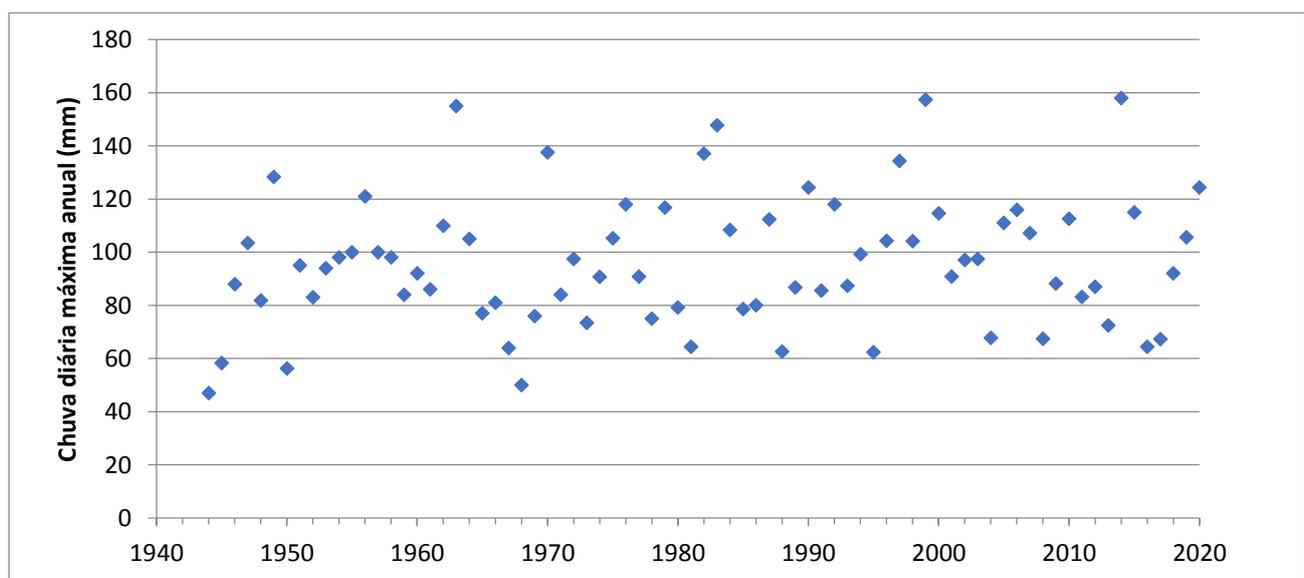


Figura 2 – Série de chuvas máximas anuais de Vargem Bonita, SC referente ao período de 1944 a 2020

Com base na série de máximas anuais de precipitação diária (Figura 2) pode-se determinar a precipitação máxima com duração de um dia e o período de retorno desejado, usando a distribuição de probabilidade de Gumbel-Chow (BACK, 2022). Na Tabela 1 encontram-se os valores de chuva máxima diária de Vargem Bonita para diferentes períodos de retorno. A chuva máxima com duração de um dia e T de 5 anos é de 115,6mm. Para obter a intensidade da chuva em 5 minutos pode-se usar a equação de desagregação da chuva diária (BACK, 2020) obtendo a intensidade da chuva de $173,1 \text{ mm h}^{-1}$.

No dimensionamento do reservatório pode-se considerar a duração máxima do período seco, isto é, do período consecutivo com chuvas inferiores a um determinado limite. No sistema de captação da água da chuva é recomendado que o volume inicial equivalente a 2,0 mm de chuva seja descartado. Dessa forma, pode-se considerar período seco os dias consecutivos com chuva inferior a 2,0mm. Para locais com maior poluição atmosférica ou outras sujeiras acumuladas no telhado pode ser adotado outros limites com 5,0 mm. Na Figura 3 constam os valores mensais de dias consecutivos secos de Vargem Bonita. A partir de uma série histórica de dados de chuva determina-se o número máximo de dias consecutivos sem chuva por ano. Para o limite de dias secos de 2,0 mm ($P < 2,0$) os valores máximos anuais variam de 12 a 50 dias com média de 23,5 dias. Para o limite de dias secos de 5,0 mm ($P < 5,0$) a série de máximas anuais variou de 14 a 50 dias com média de 26,1 dias. Dornelles et al. (2010) citam que o modelo teórico mais indicado é o que utiliza a distribuição de probabilidade de extremos, a exemplo de Gumbel. Os autores recomendam considerar o período de retorno variando de 3 a 10 anos. Na Tabela 1 contam os valores de chuva máxima diária anual e do número de dias secos estimados para período de retorno de 2 a 100 anos. Adotando o período de retorno de 5 anos observa-se que o reservatório deve ser dimensionado para o período de 30 ou 38 dias, respectivamente para os limites de dias secos de 2,0 ou 5,0 mm. Esses valores são superiores aos 15 dias indicados para o dimensionamento das cisternas para criação de suínos e aves (Embrapa, 2005). Back (2022) analisando dados de Chapecó encontrou valores variando de 27,5 e 30 dias, menores que os obtidos para Vargem Bonita.

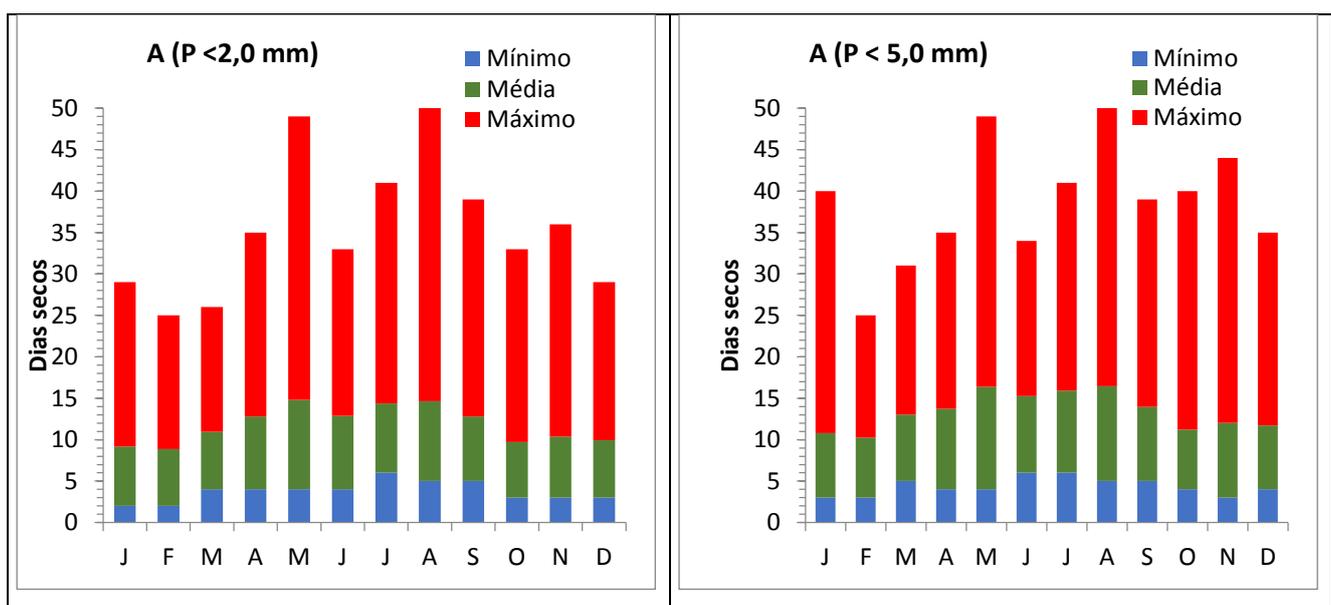


Figura 2. Valores de dias consecutivos secos considerando os limites de 2,0 mm(A) e 5,0 mm(B) para Vargem Bonita, SC.

Tabela 1 - Valores de chuva máxima e dias secos consecutivos com diferentes períodos de retorno de Vargem Bonita, SC

T-Período de retorno (anos)	Chuva máxima diária (mm)	Dias secos consecutivos	
		(P < 2,0mm)	(P < 5,0mm)
2	92,1	22,1	28,5
3	103,2	26,0	32,8
5	115,6	30,2	38,0
10	131,1	35,6	41,0
15	139,9	38,6	43,1
20	146	40,7	44,7
25	150,8	42,3	49,7
50	165,4	47,4	54,6
100	179,8	52,3	28,5

CONCLUSÕES

A análise de séries históricas de precipitação da região onde vai ser realizado o projeto de captação de água da chuva é importante para a obtenção dos parâmetros mais adequados para o dimensionamento do sistema de captação e armazenamento de água da chuva. O uso da precipitação mensal associada a níveis de probabilidade permite incluir um fator de risco no dimensionamento das estruturas de reservação de água. A análise das chuvas máximas permite dimensionar o sistema de captação e condução da água atendendo as vazões extremas geradas pelas chuvas mais intensas. A análise da duração dos períodos secos é uma ferramenta que permite dimensionar os reservatórios considerando a frequência de estiagens no local.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. (2020). Hidroweb: *Sistemas de Informações Hidrológicas*. Available at: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Access on: Jun. 24.

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. (2008). “*Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial*”. *Ambiente Construído*, 8(2), pp. 53-66.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2019). NBR 15527 :Água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 10p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1989). NBR 10844/1989. Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

BACK, Á. J. *Chuvas intensas e estimativas da chuva de projeto para o estado de Santa Catarina*. Florianópolis, SC: Epagri, 2022. 204p.

BACK, Á. J. (2022). “Análise de dados de precipitação visando ao dimensionamento de sistemas de captação e armazenamento de água da chuva”. *Agropecuária Catarinense*, 35(1), pp.25-28.

BACK, Á. J. (2020). “Alternative model of intense rainfall equation obtained from daily rainfall disaggregation”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 25(e2), pp 1-11..

BACK, Á. J.; BONETTI, A. V. (2014). “Chuva de projeto para instalações prediais de águas pluviais de Santa Catarina”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. 19, pp.260 - 267.

BACK, Á.J; CADORIN, S.B. (2021). “Heavy rain equations for Brazil”. *International Journal of Development Research*, Turkia, 11(1), p.43332-43337.

BACK, Á. J.; WILDNER, L. P.; GARCEZ, J. G. (2019). “Análise de chuvas intensas visando ao dimensionamento de estruturas de conservação do solo em Chapecó, SC”. *Agropecuária Catarinense*, 32, p p.95 - 100.

BRISTOT, R. I.; BACK, Á. J. (2009). “Captação de água da chuva para uso na avicultura”. *Revista de Tecnologia e Ambiente*, 15, pp.17 - 29.

DORNELLES, F.; TASSI, R. GOLDENFUM, J.A. (2010). “Avaliação das técnicas de dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água de chuva”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 15(2), p59-68.

EMBRAPA. (2005). *Manejo da água na produção de suínos*. Concórdia, Embrapa-CNPASA, 19 p.

EPAGRI. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. (2020). *Banco de dados de variáveis ambientais de Santa Catarina*. Florianópolis: Epagri, 20p. (Epagri, Documentos, 310) .

FONTANELA, L.; MENDES, J. P.; BACK, Á. J.; VARGAS, A. (2012). “Avaliação de metodologias para o dimensionamento de reservatórios de água potável”. *HYDRO (SÃO PAULO)*. , 65, pp.50 – 59.

KOBIYAMA, M; TSUYOSHI, U.; ANJOS AFONSO, M. (2002). *Aproveitamento da Água da Chuva*. Ed Organic Trading. 196p.

REGELMEIER, F. A.; KOZERSKI, C. E. (2015). “Aproveitamento de água da chuva em zonas rurais: captação e reservação”. In Anais do XIX Exposição de Experiências Municipais em Saneamento. Poços de Caldas – MG, 2015, p.1-15

REZENDE, J. H.; TECEDOR, N. (2017). “Aproveitamento de água de chuva de cobertura em edificações: dimensionamento do reservatório pelos métodos descritos na NBR 15527”. Revista Ambiente & Água, 12(6), p.1040-1053.

TOMAZ, P. (201). *Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis*. São Paulo, Navegar editora, 208p.

TUCCI, C. E. M. (2015). *Hidrologia – Ciência e Aplicação*. Porto Alegre. Editora da Universidade. ABRH, 943p.

ZATTA, S. M.; DUARTE, C. F.; SOUSA, R. E.; RUSCHEL, A. C. (2018). “A captação e utilização de água pluvial em residências como alternativa para fins não potáveis”. In Anais do 6º Simpósio de Sustentabilidade e Contemporaneidade nas Ciências Sociais. Cascavel, 2018, 6, pp1-15.