RELAÇÃO INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA (IDF) PARA PRECIPITAÇÃO EXTREMA EM GUARÁI-TO

Virgílio Lourenço Silva Neto¹, Marcelo Ribeiro Viola², Pietro Lopes Rêgo³,
Alessandro Lemos de Oliveira⁴, Luziano Lopes da Silva⁵

1 Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Tocantins – UFT, Professor do Instituto Federal do Tocantins-IFTO, Campus Dianópolis, email: virgilio.neto@ifto.edu.br, Dianópolis (TO) - Brasil

2 Professor Adjunto do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia do Solo

3 Professor Ms. Sc. do Curso de Engenharia Agrônômica do Instituto Federal do Tocantins - IFTO

4 Mestrando do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Tocantins – UFT, Professor do Instituto Federal do Tocantins-IFTO, Campus Araguaína

5 Professor Doutor do Curso de Engenharia Agrônômica do Instituto Federal do Tocantins - IFTO

Recebido em: 08/04/2016 – Aprovado em: 30/05/2016 – Publicado em: 20/06/2016
DOI: 10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2016_099

RESUMO

A importância do conhecimento das chuvas de curta duração e alta intensidade nos estudos de drenagem, de maneira geral, está na necessidade de analisar e processar os dados pluviográficos atualmente disponíveis no país, programar a instalação de novos postos em regiões carentes de postos pluviográficos, manter um arquivo atualizado de dados analisados e processados, realizar estudos e pesquisa de caráter regional onde for possível, que permitam avaliar parâmetros de interesse em áreas não cobertas por pluviógrafos. O presente trabalho teve por objetivo: ajustar a função cumulativa de probabilidade de Gumbel aos dados de precipitação máxima diária anual e obter a equação de intensidade-duração-frequência, por meio da desagregação da chuva de 24h, para cidade de Guarái-TO. Foram utilizados dados de precipitação pluviométrica máxima anual de 1983 a 2013, procedeu-se o ajuste da distribuição teórica e foram aplicados, os seguintes testes de aderência de Kolmogorov-Smirnov, realizou-se também a desagregação da chuva de um dia em chuvas de menores durações, e obteve-se a equação que representa a relação intensidade-duração-frequência. Observou-se boa adequação do modelo à série, sendo significativo para os testes realizados. A equação gerada permitiu o cálculo da intensidade máxima de chuvas com diferentes durações e períodos de retorno.

PALAVRAS-CHAVE: desagregação de chuvas, hidrologia, precipitações intensas.

RELATION INTENSITY-DURATION-FREQUENCY FOR EXTREME PRECIPITATION IN GUARÁI-TO

ABSTRACT

Short duration and high intensity rain research for draining studies are interesting for rainfall data analysis and process, project new rainfall data collection installations, plan an expound data database and research unexplored areas. The aim of this

study was adjusted, by Gumbel probability function, maximum dairy annual rainfall data to obtain intensity/duration/frequency equation, using 24h rain breakdown on Guaraí-TO. Maximum annual rainfall data were used from 1983 to 2013. Theoretical adjusts were performed applying Kolmogov-Smirnov adhesion tests. Were also performed short duration rain day rain breakdown obtaining a good quality intensity/duration/frequency equation comparing models and data. That equation allowed maximum intensities rain calculation with different duration and return periods.

KEYWORDS: Breakdown of rainfall, heavy rainfall, hidrology

INTRODUÇÃO

A expansão da fronteira agrícola no estado do Tocantins reflete a crescente demanda por alimentos e, com o contínuo desenvolvimento das técnicas de produção agrícola, o estado vem aumentando a área agricultável. Assim, no que se refere ao manejo e conservação do solo, deve-se considerar o tipo de cultura empregado, mas é de grande importância a compreensão da estrutura do solo para a eficiência produtiva, que passa pela interpretação de dados relacionados com a intensidade e a frequência das chuvas (SILVA NETO, 2016).

Segundo CETESB (1980); SANTOS et al. (2009); SOUZA et al. (2012) e SOBRINHO et al. (2014), o conhecimento das chuvas de curta duração e alta intensidade nos estudos de drenagem, de maneira geral, tem sido usado como ferramenta importante na previsão de eventos extremos empregados na elaboração de obras de drenagem, nos mais diversos campos da engenharia. Normalmente, essas relações são representadas por modelos matemáticos gerados a partir de uma série de dados pluviográficos obtidos para cada localidade. Por esta razão, em algumas regiões poucos trabalhos têm sido realizados com tal finalidade ocasionando grande entrave na realização de projetos de obras hidráulicas mais confiáveis e econômicos (SOUZA et al., 2012).

Para BACK et al. (2011), projetos de obras hidráulicas, tais como vertedores de barragens, sistemas de drenagem, galerias pluviais, dimensionamento de bueiros, conservação de solos, etc., é de fundamental importância se conhecer as grandezas que caracterizam as precipitações máximas: intensidade, duração e frequência.

Com relação à conservação do solo, além das precipitações máximas com vistas ao dimensionamento de estruturas de contenção do escoamento superficial, a erosividade das chuvas é relevante, pois está diretamente relacionada com a erosão do solo (BESKOW et al., 2009). As chuvas intensas são caracterizadas pela intensidade (I), duração (D) e frequência (F) de ocorrência, podendo ser representada por equações denominadas IDF (SOUZA et al., 2012).

A chuva intensa é aquela que apresenta elevada lâmina precipitada, durante pequeno intervalo de tempo, sendo que, frequentemente, estas chuvas causam consideráveis prejuízos materiais humanos. A principal forma para caracterização de chuvas intensas é através da equação de intensidade, duração e frequência da precipitação pluvial (SILVA et al., 2003). Segundo BACK et al. (2011), essas relações podem ser expressas de forma gráfica nas curvas IDF ou por meio das equações de chuvas intensas. O conhecimento da equação de chuvas intensas possibilita a aplicação de modelos matemáticos para estimativa de parâmetros como o tempo de concentração e a distribuição temporal da precipitação. A dificuldade que se apresenta na obtenção das equações de chuvas intensas está na baixa densidade de pluviógrafos bem como no tamanho das séries desses dados.

As chuvas intensas, ou chuvas extremas são também conhecidas por chuvas máximas e tem distribuição irregular tanto temporalmente quanto espacialmente. Esse tipo de evento causa enormes prejuízos, tais como: erosão no solo, inundações, perdas aurículas, além de problemas em reservatórios (ARAÚJO et al., 2008).

Segundo ARAÚJO et al. (2010), A utilização de funções de distribuição de probabilidade requer o uso de testes para provar a adaptação dos dados ou da série de dados às funções. Esses testes são conhecidos como testes de aderência e sua real função é verificar a forma de uma distribuição, através da análise da adequação dos dados à curva de um modelo de distribuição hipotética.

Com base na necessidade e importância dos dados de precipitação e da relação intensidade-duração-frequência (IDF), o presente trabalho teve por objetivo ajustar a função cumulativa de probabilidade de Gumbel aos dados de precipitação máxima diária anual e obter a equação de intensidade-duração-frequência, por meio da desagregação da chuva de 24h, para a cidade de Guaraí-TO.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados pluviométricos foram obtidos junto à ANA – Agência Nacional das águas (2015), constituindo-se uma série histórica de 30 anos, no período de 1983 a 2013, como referência para a análise dos dados pluviométricos para a cidade de Guaraí-TO, situada à 8°49'55" Sul e 48°49'02"W. A partir deste banco de dados foram obtidos os valores máximos anuais de precipitação diária.

O clima predominante no município, conforme a classificação de Köppen é do tipo Aw, tropical chuvoso ou seco no inverno (GIACOMINI et al., 2013) . As frequências observadas dos eventos hidrológicos foram obtidas pela Equação 1:

$$f_{obs} = \frac{i}{N+1} \quad (1)$$

Em que i é posição em que os dados ocupam dentro da série histórica e N é o tamanho da série histórica.

Na sequência apresenta-se a descrição da distribuição Gumbel de acordo com Mello & Silva (2013). A Função Densidade de Probabilidade (FDP) da distribuição Gumbel é dada por:

$$f(x) = \alpha \cdot e^{[-\alpha \cdot (x - \mu)] - e^{-\alpha \cdot (x - \mu)}} \quad (2)$$

Em que,

x = precipitação máxima diária anual

α = parâmetro de escala da distribuição

μ = parâmetro de localização da distribuição

A integração da FDP fornece a função cumulativa de probabilidade (FCP), que na forma de excedência, é dada por:

$$P(X \geq x) = 1 - \exp(-\exp[-\alpha \cdot (x - \mu)]) \quad (3)$$

Em que P é a probabilidade de não excedência e x é a variável hidrológica reduzida.

A distribuição de Gumbel apresenta 2 parâmetros α e μ , que são calculados pelas expressões abaixo, considerando o método dos momentos, representada pelas Equação 4 e 5 (ARAGÃO et al., 2013):

$$\alpha = \frac{1,2826}{s} \quad (4)$$

$$\mu = \bar{x} - 0,45 \cdot s \quad (5)$$

Em que $\bar{x}$ e s correspondem à média e ao desvio padrão da série histórica, respectivamente. A estimativa da variável hidrológica x associada a um tempo de retorno TR é dada por:

O método dos momentos – L, consiste de uma abordagem para estimar os parâmetros de uma distribuição de probabilidades com base em momentos estatísticos de ordem superior a 3, podendo permitir, em casos de pequenas amostras, ajustar com maior precisão uma distribuição de probabilidades do que o método da verossimilhança (MELLO & SILVA, 2013).

Para estimativa de uma variável hidrológica (X) em função do tempo de retorno (TR), aplica-se a Equação 6:

$$x_{TR} = \frac{-LN[-LN(1-\frac{1}{TR})]}{\alpha} + \mu \quad (6)$$

Para a aplicação de uma distribuição de probabilidades é indispensável analisar se a mesma representa adequadamente bem a relação funcional entre os valores do evento e as respectivas frequências de ocorrência dos mesmos. Para isto, há necessidade de se comprovar previamente se a distribuição é adequada para a série histórica a ser trabalhada. A comprovação é feita com base em testes estatísticos não paramétricos, os quais, na sequência, serão apresentados de forma detalhada aqueles mais usuais em hidrologia, sendo que também são conhecidos como Testes de Aderência Estatística (MELLO & SILVA, 2013).

Segundo LILLIEFORS (1967), nestes testes promove-se o cálculo da diferença entre as frequências observadas (amostrais) e as frequências esperadas com base na distribuição de probabilidades, comparando-se a maior diferença obtida a um valor que correspondente à estatística do teste. Esta estatística é obtida em função do tamanho da amostra (n) e nível de significância (α) a ser adotado (5% na maioria das vezes). A hipótese de nulidade a ser testada é a Hipótese H_0 de que a frequência observada poderá ser estimada pela distribuição de probabilidades, ou seja, como o valor tabelado é estatisticamente nulo, pode-se concluir que valores menores ou iguais a este serão também estatisticamente nulos.

Verificada a aderência dos dados à distribuição, foram estimados os valores extremos para os períodos de retorno de 5, 10, 20, 30, 50, 100, 500 e 1000 anos, realizada a desagregação da chuva de um dia em chuvas de menores durações, obtidas pela metodologia proposta pela CETESB (1980). Obtiveram-se, então, séries anuais para as chuvas com durações de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 180, 240, 360, 720 e 1440 minutos.

Para obtenção da equação de chuvas intensas, foi utilizada a expressão dada pela Equação 7 que é, frequentemente, utilizada para exprimir a relação entre intensidade-duração-frequência (IDF) de chuvas intensas, sendo a frequência representada indiretamente pelo tempo de retorno TR : de acordo com VILLELA &

MATTOS (1975) , assim como por SILVA et al. (2002) e MELLO & SILVA (2013) é através da equação de chuva intensa, representada por:

$$i_{m,m} = \frac{C \cdot TR^m}{(t_o + t_d)^n} \quad (7)$$

Onde,

- $i_{m,m}$ = intensidade média máxima de precipitação em mm/h;
- TR = período de retorno em anos;
- t_d = tempo de duração da chuva, min.;
- C, m, t_o e n = parâmetros relativos à localidade.

Os parâmetros da Equação 7 foram determinados, por método de regressão não linear, usando o método dos mínimos quadrados, a partir dos dados pluviométricos desagregados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O maior valor de precipitação máxima diária anual registrada na série é 135 mm, enquanto o menor 52,8 mm, respectivamente para os anos de 2004 e 2003. Segundo ARAÚJO et al. (2008) e BARRETO et al. (2015), a variação da intensidade da chuva com a frequência está relacionada com a probabilidade de ocorrência ou superação do evento chuva, obtida, portanto, por meio de uma função de distribuição de probabilidade que permite a extrapolação para um número maior em anos relativamente ao número de anos de observação.

A Figura 1 apresenta as distribuições de frequência da série das precipitações máximas anuais observadas e estimadas pelo modelo de Gumbel, para o município de Guaraí-TO. Pode-se observar, nesta figura, boa aderência entre a distribuição observada e a teórica obtida pelo modelo de Gumbel, trazendo a confirmação visual dos resultados obtidos com os testes de aderência, já que há uma boa conformidade dos modelos com os dados da série.

FIGURA 1 - Frequências observadas e ajustadas pelo modelo de Gumbel para máximos, da série histórica de precipitação máxima diária anual da cidade de Guaraí-TO

Os valores de $|\Delta F|$ calculado máximo pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, método dos momentos, obtidos na avaliação da aderência dos modelos ajustados à distribuição de probabilidades da série histórica de precipitação máxima diária anual da cidade de Guaraí-TO são apresentados na Tabela 1. Observa-se boa adequação

do modelo a série, sendo significativo para todos os testes realizados, estes resultados confirmam a observação de ARAÚJO et al. (2010) de que a distribuição Gumbel apresenta bons resultados.

TABELA 1 - Valores obtidos dos parâmetros de ajustes e estatísticas dos testes de aderência Komolgorov-Smirnov, na avaliação do ajuste do modelo de Gumbel para máximos à série histórica de precipitação máxima diária anual da cidade de Guaraí-TO

Modelo	Teste de Aderência	
	$ \Delta F $	KS_{tab}
	0,083*	0,264*
Gumbel para máximos	Parâmetros	
	α	μ
	0,06405	77,77

*Significância de 5% de probabilidade.

Através da distribuição ajustada, foram calculados os valores de precipitações máximas diárias anuais esperadas para os períodos de retorno de 5, 10, 20, 30, 50, 100, 500 e 1000 anos assim como por meio da desagregação a intensidade máxima diária anual, com duração 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 180, 240, 360, 720 e 1440 minutos conforme Tabela 2.

Analisando os dados, observa-se que ocorreu decréscimo nos valores de intensidade máxima anual com o aumento da duração das precipitações. Esse comportamento é característico das chuvas, pois a intensidade das precipitações pluviais tende a decrescer com o aumento da duração (VILLELA & MATTOS, 1975). O comportamento da chuva máxima diária esperada para os períodos de retorno estudados difere dos encontrados por BARRETO et al. (2015), devido a diferentes metodologias utilizadas.

TABELA 2 - Valores de chuva máxima diária anual (mm) gerada com o Método de Gumbel para diferentes períodos de retorno (TR) e intensidade máxima de chuva esperada (mm/h), para diferentes durações (minutos) e períodos de retorno (TR em anos), para a cidade de Guaraí-TO

Duração das Chuvas (minutos)	Tempo de Retorno (anos)							
	5	10	20	30	50	100	500	1000
h1440'	115,4	128,7	141,5	148,9	158,1	170,5	199,2	211,6
h720'	107,4	119,9	131,8	138,7	147,3	158,8	185,6	197,1
h360'	99,1	110,6	121,6	127,9	135,9	146,5	171,2	181,8
h240'	94,2	105,1	115,5	121,5	129,1	139,2	162,7	172,7
h180'	89,6	99,9	109,9	115,6	122,8	132,4	154,7	164,3
h120'	83,2	92,8	102,0	107,4	114,0	123,0	143,7	152,6
h60'	70,3	78,5	86,3	90,8	96,4	103,9	121,4	129,0
h50'	65,0	72,6	79,8	83,9	89,1	96,1	112,3	119,3
h40'	58,7	65,5	72,0	75,7	80,4	86,7	101,3	107,6
h30'	48,1	53,7	59,0	62,1	65,9	71,1	83,1	88,3
h20'	36,7	40,9	45,0	47,3	50,2	54,2	63,3	67,2
h10'	22,2	24,8	27,2	28,6	30,4	32,8	38,3	40,7

(Continua)

Duração das Chuvas (minutos)	Tempo de Retorno (anos)							
	5	10	20	30	50	100	500	1000
Precipitação máxima diária anual (mm)								
h _{dia}	101,2	112,9	124,1	130,6	138,7	149,6	174,8	185,6

A partir dos valores das intensidades das precipitações máximas, foram ajustados os coeficientes das relações IDF pelo método dos mínimos quadrados. Considerando os parâmetros obtidos na regressão não linear, a equação de chuvas intensas para o município de Guaraí-TO pode ser escrita sob a forma da Equação 8:

$$i_{m,m} = \frac{12093,41 \cdot TR^{0,109}}{(53,816 + t_d)^{1,118}} \quad R^2 = 0,9308 \quad (8)$$

Em que $i_{m,m}$ corresponde à intensidade de chuva (mm/h); TR= período de retorno (anos); t= duração da chuva (minutos); R^2 = Coeficiente de determinação.

CONCLUSÕES

A análise mostrou que a distribuição Gumbel, frequentemente, usada no cálculo de precipitações extremas representou adequadamente os dados, sendo significativo para todos os testes de aderência utilizados.

Foi obtida uma equação empírica que representa a intensidade-duração-frequência, para precipitação máxima da cidade de Guaraí-TO, que pode ser usada em projetos hidráulico/hidrológicos para fins de aplicação em sistemas agrícolas.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional das Águas. Hidroweb. Disponível em: < <http://hidroweb.ana.gov.br> >. Acesso em: 15 de abril de 2015.

ARAGÃO, R. D.; SANTANA, G. R. D.; COSTA, C. E. F. F. D.; CRUZ, M. A. S.; FIGUEIREDO, E. E. D. et al. Chuvas intensas para o estado de Sergipe com base em dados desagregados de chuva diária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 3, p. 243-252, 2013. ISSN 1415-4366. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000300001> > doi: 10.1590/S1415-43662013000300001

ARAÚJO, E. M.; SILVA, I. N.; OLIVEIRA, J. B. D.; JUNIOR, E. G. C.; ALMEIDA, B. M. D. Aplicação de seis distribuições de probabilidade a séries de temperatura máxima em Iguatu - CE. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 1, p. 36-45, 2010. ISSN 1806-6690. Disponível em: < <http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/445/404> >

ARAÚJO, L. E. D.; SOUSA, F. D. A. D.; RIBEIRO, M. A. D. F. M.; SANTOS, A. S. D.; MEDEIROS, P. D. C. Análise Estatística de Chuvas Intensas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n. 2, p. 162-169, 2008. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862008000200005> > doi: 10.1590/S0102-77862008000200005

BACK, Á. J.; HENN, A.; OLIVEIRA, J. L. R. Heavy rainfall equations for Santa Catarina, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 2127-2134, 2011.

ISSN 0100-0683. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000600027> > doi: 10.1590/S0100-06832011000600027

BARRETO, H. B. F.; PEREIRA, G. M.; BARRETO, F. P.; CHAVES FREIRE, F. G.; MAIA, P. D. M. E. Relação intensidade-duração-frequência para precipitação extrema em Mossoró-Rn. **GLOBAL SCIENCE AND TECHNOLOGY**, v. 7, n. 3, 2015. ISSN 1984-3801. Disponível em: < <http://rv.ifgoiano.edu.br/periodicos/index.php/gst/article/view/637/436> > doi: 10.14688/1984-3801/GST.V7N3P103-109

BESKOW, S.; MELLO, C. R. D.; COELHO, G.; SILVA, A. M. D.; VIOLA, M. R. Estimativa do escoamento superficial em uma bacia hidrográfica com base em modelagem dinâmica e distribuída. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 169-178, 2009. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000100018> > doi: 10.1590/S0100-06832009000100018

CETESB. **Drenagem Urbana: manual de projetos**. São Paulo: DAEE/CETESB, 1980. 466 p.

GIACOMINI, I.; PEDROZA, M. M.; SIQUEIRA, F. L. T.; MELLO, S. Q. S.; CERQUEIRA, F. B. et al. Uso potencial de sorgo sacarino para a produção de etanol no estado do Tocantins. **Revista Agrogeoambiental**, v. 5, n. 3, 2013. ISSN 2316-1817. Disponível em: < <http://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/531/542> >

LILLIEFORS, H. W. On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown. **Journal of the American Statistical Association**, v. 62, n. 318, p. 399-402, 1967. ISSN 0162-1459. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.2307/2283970> > doi: 10.2307/2283970

MELLO, C. D.; SILVA, A. **Hidrologia: Princípios e aplicações em sistemas agrícolas**. Lavras: UFLA Lavras: Ed. UFLA, 2013. 455 p.

SILVA, D. D.; GOMES FILHO, R. R.; PRUSKI, F. F.; PEREIRA, S. B.; NOVAES, L. F. D. Chuvas intensas no Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 362-367, 2002. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662002000200030> > doi: 10.1590/S1415-43662002000200030

SILVA, D. D.; PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; RODRIGUES, R.; FILHO, G. et al. Equações de Intensidade-duração-frequência da precipitação pluvial para o Estado do Tocantins. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 11, n. 4, p. 7-14, 2003. Disponível em: <

https://www.researchgate.net/profile/Luiz_Oliveira27/publication/262540855_Intense_rainfalls_related_to_water_erosion/links/54200a570cf203f155c29da5.pdf >

SILVA NETO, V. L. Avaliação da erosividade das chuvas na microrregião de Taguatinga-TO. **Desafios: Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 2, n. 1, p. 14, 2016-01-18 2016. Disponível em: < dx.doi.org/10.20873/uft.2359-3652.2015v2n1p149 > doi: 10.20873/uft.2359-3652.2015v2n1p149

SOBRINHO, V. F.; RODRIGUES, J. O.; MENDONÇA, L. A.; DE ANDRADE, E. M.; TAVARES, P. R. Desenvolvimento de equações Intensidade-Duração-Frequência sem dados pluviográficos em regiões semiáridas. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 18, n. 7, p. 727-734, 2014. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000700009> > doi: 10.1590/S1415-43662014000700009

SOUZA, R. O. R. D. M.; SCARAMUSSA, P. H. M.; AMARAL, M. A. C. M. D.; PEREIRA NETO, J. A.; PANTOJA, A. V. et al. Equações de chuvas intensas para o estado do Pará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 999-1005, 2012. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000900011> > doi: 10.1590/S1415-43662012000900011

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. McGraw-Hill, 1975. 239 p.