



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

#### **Chuvvas Intensas em Resende-RJ**



*Hugo Thaner dos Santos<sup>1</sup>; Grasiela Ferraz Perpétuo<sup>1</sup>; Sonia Maria de Stefano Piedade<sup>2</sup>;  
Sérgio Nascimento Duarte<sup>3</sup>; Patricia Angélica Alves Marques<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Mestrando(a) em Engenharia de Sistemas Agrícolas, USP, Piracicaba-SP, Fone: (19) 3447-8578 Ramal 26, hthaner@gmail.com

<sup>2</sup> Prof. Doutora da USP, Piracicaba-SP.

<sup>3</sup> Prof. Associado(a) da USP, Piracicaba-SP, Bolsista de Produtividade do CNPq.

**RESUMO:** O estudo de chuvas intensas para uma cidade é fundamental para execução de projetos de urbanização, como as galerias de águas pluviais e o saneamento básico. Todos os dados pluviométricos de chuva registrados na estação do INMET em Resende-RJ foram ajustados à Distribuição de Gumbel para 5 tempos de retorno (2, 5, 10, 50 e 100 anos). Em seguida foram calculadas as intensidades e altura de precipitação, por meio dos coeficientes de transformação, em função de 9 tempos de duração (24 horas, 12 horas, 8 horas, 6 horas, 1 hora, 30 minutos, 20 minutos, 15 minutos e 10 minutos). Ao final, estes dados foram comparados com os dados de intensidade de precipitação e altura de chuvas apresentados pelo software Pluvio 2.1, para Resende-RJ, por meio do índice de concordância de Willmott (d) e do índice de desempenho (c). Os resultados mostram que o software tem ótimo índice de desempenho na estimativa de intensidade de precipitação de chuvas em Resende-RJ cujo tempo de duração seja menor ou igual a 8 horas de duração. A estimativa da lâmina de chuva tem ótimo índice de desempenho em função dos tempos de retorno e duração de chuvas estudados neste trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE:** distribuição de Gumbel, tempo de retorno, Pluvio 2.1

#### **Intenses rains in Resende-RJ**

**ABSTRACT:** The study of intense rains for a city is key to implementation of urbanization projects, such as storm sewer and sanitation. All data of rainfall recorded in INMET station in Resende-RJ, Brazil, were adjusted to the Gumbel distribution to five return times (2, 5, 10, 50 and 100 years). Then we calculated the intensity and height of precipitation, by means of transformation coefficients depending on time of 9 times (24 hours, 12 hours, 8 hours, 6 hours, 1 hour 30 minutes, 20 minutes, 15 minutes, 10 minutes). Finally, these data were compared with the rainfall intensity and height data provided by rainfall Pluvio 2.1 software for Resende RJ, through Willmott concordance index (d) the performance index and (c). The results show that the software has great performance index in estimating rainfall intensity in Resende-RJ whose duration is less than or equal to 8 hours. The estimation of the rain blade has excellent performance index as a function of the return time and duration of rainfall studied in this work.

**KEY WORDS:** Gumbel distribution, turnaround time, Pluvio 2.1

#### **INTRODUÇÃO**

O município de Resende está localizado no sul do Estado do Rio de Janeiro, fazendo divisa com os Estados de SP e MG, rota rodoviária das duas maiores cidades brasileiras: São Paulo e Rio de Janeiro. É um dos maiores municípios fluminenses em área territorial, integra a Bacia Hidrográfica do Rio



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

Paraíba do Sul e ainda apresenta um dos maiores índices de urbanização do Estado do Rio de Janeiro. Resende foi uma das cidades fortemente afetadas pelo evento extremo de chuvas ocorrido no ano 2000, quando uma grande enchente que ocasionou perdas significativas à população resendense.

A caracterização das chuvas intensas é um estudo hidrológico necessário para fazer o planejamento urbano de qualquer cidade, tendo em vista que, a princípio, enchentes podem ocorrer em qualquer lugar do planeta. Contudo, é necessário que seja realizado o monitoramento meteorológico da cidade e ainda o adequado processamento dos dados para utilização futura, por exemplo, na construção de galerias de águas pluviais (CARVALHO e SILVA, 2006).

Hoje, a informática e o sensoriamento remoto permitem estudo avançados em Hidrologia, de tal modo que a partir de informações cartográficas, espaciais e estatísticas é possível se prever a intensidade de um evento de chuva, e assim planejar com segurança a construção de ruas, barragens de terra ou ainda redes de saneamento básico (LIMA et al., 2012).

Uma aplicação das técnicas computacionais e do geoprocessamento na área de Hidrologia é o software Pluvio 2.1, que é um programa livre desenvolvido por um grupo de pesquisa da UFV. Este software permite obter a estimativa da intensidade de precipitações intensas de diversas cidades do Brasil, inclusive de Resende-RJ, em função de diferentes tempos de retorno e de duração de chuva.

Mediante ao exposto, este trabalho tem por objetivo verificar a confiabilidade dos valores de intensidade e lâmina de precipitação pluviométrica indicados pelo Pluvio 2.1, frente aos dados de chuva registrados pela estação meteorológica do INMET localizada em Resende-RJ, usando os coeficientes de discretização da chuva de 1 dia de Otto Pfaffstetter (1957) e Tucci (2000).

## MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi feito a partir de todos os dados de chuva diária armazenados pela Estação do INMET (OMM 83738) em Resende-RJ (22°45'00''S; 44°44' 00''O; 439,9 m). Os dados registrados são da série histórica de 1961-2014. Os dados de pluviômetro foram triados de tal modo que de cada ano foi selecionada a maior chuva de um dia.

As maiores chuvas de um dia de cada ano foram utilizadas para ajustar a Distribuição de Gumbel para eventos de máximo, em função de 5 diferentes tempos de retorno (2, 5, 10, 50 e 100 anos) (ASSIS et al., 1996). Em seguida, estes valores de altura de chuva foram desagregados pelos coeficientes de redução da chuva de um dia proposto por Tucci (2000) (Tabela 1). A partir dos valores de chuva de 1 dia já desagregados, foi calculada a intensidade de precipitação ( $\text{mm h}^{-1}$ ) para os seguintes valores de tempo de duração de chuva: 24 horas, 12 horas, 8 horas, 6 horas, 1 hora, 30 minutos, 20 minutos, 15 minutos e 10 minutos.

**Tabela 1** – Coeficiente de desagregação de chuvas.

Duração	Coeficiente
24 h / 1 dia	1,1
12 h / 24 h	0,85
8 h / 24 h	0,78
6 h / 24 h	0,72
1 h / 24 h	0,42
30 min / 1h	0,74
20 min / 30 min	0,81
15 min / 30 min	0,7
10 min / 30 min	0,54

Os valores de intensidade máxima de precipitação correspondentes às diferentes durações e diferentes tempos de retorno, foram também obtidos a partir do software Pluvio 2.1 (SILVA et al., 1999); as variáveis da equação de intensidade-duração-frequência da estação pluviográfica de Resende-RJ (Equação 1) é apresentada a seguir:

$$i=1652,972 T^{0,182}/(t+21,41)^{0,767} \quad (1)$$

em que,

i – intensidade média máxima de precipitação, mm h<sup>-1</sup>;

T – tempo de retorno, anos; e

t – duração da chuva, minutos.

A partir da Equação 1, fornecida pelo software Pluvio 2.1, foram calculadas as intensidades máximas de precipitação e as respectivas alturas de chuva para Resende-RJ, utilizando os mesmos valores de tempo de retorno e duração de chuva adotados na Distribuição de Gumbel dos dados de chuva registrados pelo INMET.

Ao final, os dados gerados pelo Pluvio 2.1 foram comparados estatisticamente com os dados registrados pelo INMET por meio do coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), do índice de concordância de Willmott (d) e do índice de desempenho (c) (OLIVEIRA et al., 2005 e ALENCAR et al., 2011) tomando os dados do INMET como padrão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No que se refere à duração das chuvas o software Pluvio 2.1 apresentou ótimo índice de desempenho para a variável altura de chuva em quase todas as durações de chuvas estudadas; contudo, a intensidade de precipitação indicada pelo Pluvio 2.1 em tempo de duração igual a 24 horas não apresentou bom índice de desempenho. Observando-se a Tabela 2, pode-se notar que as chuvas mais curtas apresentaram um índice de desempenho ligeiramente melhor. Já no que se refere ao possível efeito do período de retorno (T), observa-se que na Tabela 3 que não houve tendência de piora do índice de desempenho à medida que T aumentou.

**Tabela 2** – Precipitação pluviométrica em função de diferentes tempos de duração, Resende-RJ, Brasil.

Resende RJ	Intensidade de Precipitação (mm h <sup>-1</sup> )					Altura de Chuva (mm)						
	P <sub>INMET</sub> = a Pluvio + b		R <sup>2</sup>	p-valor	d	c	P <sub>INMET</sub> = a Pluvio + b		R <sup>2</sup>	p-valor	d	c
	a	b					a	b				
24 horas	0,547	0,216	0,9836	<0,0065	0,4931	0,49	0,547	5,183	0,9830	<0,0035	0,9237	0,91
12 horas	0,553	0,367	0,9831	<0,0065	0,8000	0,79	0,553	4,405	0,9831	<0,0047	0,9260	0,91
8 horas	0,64	0,505	0,9837	<0,0086	0,8628	0,85	0,564	4,042	0,9837	<0,0082	0,9311	0,92
6 horas	0,563	0,622	0,9830	<0,0075	0,8807	0,87	0,563	3,131	0,9835	<0,0034	0,9306	0,92
1 hora	0,602	2,177	0,9832	<0,0065	0,9379	0,92	0,602	2,177	0,9836	<0,0014	0,9464	0,93
30 minutos	1,568	-2,850	0,9834	<0,0065	0,9509	0,94	0,627	1,611	0,9834	<0,0081	0,9547	0,94
20 minutos	0,645	3,914	0,9830	<0,0084	0,9569	0,94	0,645	1,304	0,9836	<0,0069	0,9604	0,94
15 minutos	0,674	4,51	0,9839	<0,0074	0,9667	0,95	0,674	1,127	0,9830	<0,0070	0,9682	0,95
10 minutos	0,696	5,219	0,9835	<0,0075	0,9718	0,96	0,696	0,869	0,9836	<0,0085	0,9736	0,96

**Tabela 3** – Precipitação pluviométrica em função de diferentes tempos de retorno, Resende-RJ, Brasil.

Resende RJ	Intensidade de Precipitação (mm h <sup>-1</sup> )					Altura de Chuva (mm)						
	P <sub>INMET</sub> = a Pluvio + b		R <sup>2</sup>	p-valor	d	c	P <sub>INMET</sub> = a Pluvio + b		R <sup>2</sup>	p-valor	d	c
	a	b					a	b				
2 anos	0,674	-2,403	0,9960	<0,008	0,9548	0,95	0,515	4,403	0,9998	<0,008	0,9171	0,92
5 anos	0,737	-3,101	0,9962	<0,006	0,9710	0,97	0,563	5,683	0,9997	<0,009	0,9390	0,94
10 anos	0,746	-3,564	0,9960	<0,008	0,9731	0,97	0,57	6,531	0,9990	<0,010	0,9419	0,94
50 anos	0,716	-4,582	0,9965	<0,009	0,9661	0,96	0,547	8,396	0,9992	<0,008	0,9322	0,93
100 anos	0,69	-5,012	0,9964	<0,009	0,9594	0,96	0,527	9,185	0,9996	<0,009	0,9231	0,92

Entretanto, mediante aos valores de coeficientes angulares obtidos nas correlações entre os 2 métodos foi possível perceber que o software superestimou os valores de intensidade de precipitação para a cidade de Resende-RJ, resultado semelhante ao obtido por Fiorio et al. (2012).

## CONCLUSÕES

a) O software Pluvio 2.1 tem ótimo índice de desempenho na estimativa de intensidade de precipitação de chuvas em Resende-RJ para tempos de duração menor ou igual a 8 horas.

b) A estimativa da lâmina de chuva em Resende-RJ por meio do Pluvio 2.1 tem ótimo índice de desempenho independente do período de retorno analisado.

c) Existe uma tendência geral do Pluvio 2.1 superestimar as lâminas e as intensidades para a cidade de Resende-RJ.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, L.P.; SEDIYAMA, G.C.; WANDERLEY, H.S.; ALMEIDA, T.S.; DELGADO, R.C. Evaluation of methods to estimate evapotranspiration at three locations of northern Minas Gerais. *Engenharia na Agricultura*, v.19, n.5, 437-449, 2011.

ASSIS, F.N.; ARRUDA, H.V.; PEREIRA, A.R. *Aplicações de estatística à climatologia: Teoria e prática*. Pelotas, UFPEL, 1996. 161p.



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*



CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.B. **Hidrologia**. Seropédica, UFRRJ, 2006, 87 p.

FIORIO, P.R.; DUARTE, S.N.; RODRIGUES, G.O.; MIRANDA, J.H.; COOKE, R.A. Comparing rainfall intensity duration relationships for sites of the state of São Paulo. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 6, p.1080-1088, 2012.

LIMA, C.J.G.S.; SALVADOR, C.A.; SILVA, E.M.; MENDONÇA, F.C.; SILVA, J.F.; FOLEGATTI, M.V.; COELHO, R.D.; DUARTE, S.N. **Hidrologia**. Piracicaba, ESALQ/LEB, 2012. 342 p.

OLIVEIRA, L.F.C.; CORTÊS, F.C.; WEHR, T.R.; BORGES, L.B.; SARMENTO, P.H.L.; GRIEBELER, N.P. Intensity-duration-frequency relationship of intensive rainfall for sites in Goiás state and federal district. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.35, n.1, p.13-18, 2005.

PFAFSTETTER, O. **Chuvas intensas no Brasil: Relação entre precipitação, duração e frequência de chuvas em 98 postos com pluviógrafos**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Obras de Saneamento, 1957.

SILVA, D.D.; PINTO, F.R.L.; PRUSKI, F.F.; PINTO, F.A. Estimation and regionalization of the parameters of the intensity-duration-frequency precipitation equation for the states of Rio de Janeiro and Espírito Santo. **Engenharia Agrícola**, v.18, n.3, p.11-21, 1999.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre, Editora da UFRGS. 943p.