

AS PRECIPITAÇÕES NA REGIÃO DE CRUZ ALTA E IJUI
(RS-BRASIL)

PRECIPITATIONS IN THE REGION OF CRUZ ALTA AND IJUI
(RS-BRASIL)

PIERRE CHEVALLIER

Chargé de Recherche ORSTOM (França), Consultor

NILZA MARIA CASTRO

Aluna de Mestrado

Instituto de Pesquisas Hidráulicas
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Caixa Postal 530
90001 - Porto Alegre - RS

RESUMO -- Os autores propõem uma análise da pluviometria da região de Cruz Alta e Ijuí (planalto basáltico sulbrasileiro). Depois de uma crítica usando o método do vetor regional, as principais características estatísticas das pluviometrias anuais, mensais e diárias são estabelecidas. A seguir, é realizada uma análise mais detalhada dos eventos chuvosos, baseada nos registros pluviográficos do posto de Ijuí, incluindo a relação intensidade-duração-frequência, estudo da forma e da ocorrência dos eventos chuvosos e análise estatística do índice de erosividade de Wischmeier.

ABSTRACT -- The authors propose an analysis of rainfall measurements in the region of Cruz Alta and Ijuí. Using data criticized with the Regional Vector Method, the main statistical characteristics of annual, monthly and daily rainfall gauging are established. Next a fine analysis of the rainfall events is performed, based on the Ijuí station records, including the computation of the intensity-duration-frequency relation, the study of shape and occurrence of the events, and the study of the Wischmeier Erosivity Index.

21 FEV. 1992

ORSTOM Fonds Documentaire
N° : 34.990 ex 1
Cote : B M P68

INTRODUÇÃO

O Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul iniciou um trabalho de pesquisa junto ao Instituto Francês de Pesquisa Científica para o Desenvolvimento em Cooperação (ORSTOM) no âmbito de um acordo com o CNPq. O objetivo deste trabalho é estudar os comportamentos hidro-sedimentológicos no planalto basáltico do Sul do Brasil, em relação à ocupação agrícola dos solos (cultura intensiva de trigo e soja). Diversas ferramentas são consideradas para esta abordagem, tais como a simulação de chuva, o estabelecimento de um sistema de informação geográfica ou a modelação matemática chuva-vazão-descarga sólida.

Este estudo, que trata do conjunto da região do planalto basáltico, é baseado em uma zona geográfica considerada representativa e reconhecida como o resultado de uma abordagem metodológica sistemática (Borges e Bordas, 1988). A entidade escolhida é a bacia hidrográfica do Rio Potiribu em Andorinhas, cujo centro geográfico é constituído pelo Município de Pejuçara, a uma distância mais ou menos igual dos centros populacionais importantes de Cruz Alta, Ijuí e Panambi (Rio Grande do Sul).

Antes de qualquer estudo sofisticado, é necessário avaliar os principais elementos regionais. Neste trabalho tratamos de analisar a parte da climatologia, referente às precipitações, principal elemento de entrada no sistema hidrodinâmico.

ANÁLISE REGIONAL

Homogeneização

Antes de qualquer trabalho sobre dados regionalizados de pluviometria é necessário controlar a sua qualidade e possivelmente corrigi-los. Esta homogeneização é geralmente realizada sobre séries de totais pluviométricos anuais, representando as grandes evoluções climáticas, independentes de fenômenos sazonais. Hiez (1977) propôs uma ferramenta de análise potente denominada "Método do Vector Regional", recentemente adaptada a uma aplicação prática com um microcomputador (Cochonneau, Hiez e Séchet, 1991).

Na região de Cruz Alta e Ijuí, o vetor regional foi aplicado a 143 postos pertencentes a nove graus quadrados centrados na zona de estudo (entre 27°S e 30°S e entre 52°O e 55°O). A crítica permitiu eliminar quatro postos por terem valores de qualidade excessivamente dúbia. As correções e reconstituições permitiram estabelecer valores de precipitação anual média no período de 1945 a 1985. O mapa de isoietas assim obtido é apresentado na figura 1. Este resultado pode ser comparado àqueles obtidos por Crespo (1982), IBGE (1986) e IPAGRO (1989). São encontradas quase as mesmas tendências, embora a resolução dos três mapas seja muito mais grosseira (sobretudo aquelas do IBGE e do IPAGRO).

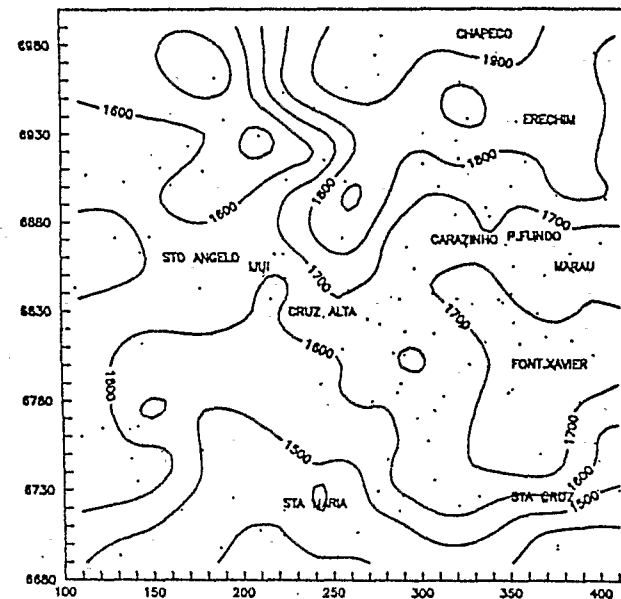


Figura 1 : Região de Cruz Alta e Ijuí. Mapa de isoietas. As coordenadas são em km Lambert e os limites correspondem aproximadamente a : 27°S/30°S - 52°/55°O.

A zona de interesse aparece no centro da figura ; observa-se uma pluviometria média de 1700 mm. Para uma abordagem estatística regional, preferimos escolher postos cuja duração de observação seja mais longa possível e cujos dados são considerados bons segundo o vetor regional. Destacaram-se três postos : Cruz Alta, Santo Angelo e Santa Clara do Ingaí. Os resultados obtidos nas análises para os três postos foram quase idênticos. Por isso apresenta-se a seguir somente os resultados do posto de Cruz Alta, o mais próximo da zona estudada.

Pluviometria anual e mensal

Nas análises estatísticas realizadas a seguir, buscou-se a melhor distribuição entre uma dezena (Lebel e Boyer, 1989) para amostra de dados, utilizando, seja um teste X^2 , seja o teste proposto por Brunet Moret (1978).

Os resultados assim obtidos são apresentados na tabela 1 para os valores anuais (31 anos tratados) e na figura 2 para os valores mensais (em média 35 valores por mês foram tratados). Em todos os casos foi escolhido uma distribuição única, chamada "das fugas" (Ribstein, 1983), que deu o melhor ajustamento.

Recorrência (anos)	média											
	secos	100	50	20	10	5	2	5	10	20	50	100
Precipitação anual (mm)	902	984	1112	1234	1389	1710	2065	2264	2436	2635	2774	

Tabela 1 : Pluviometria anual (Cruz Alta)

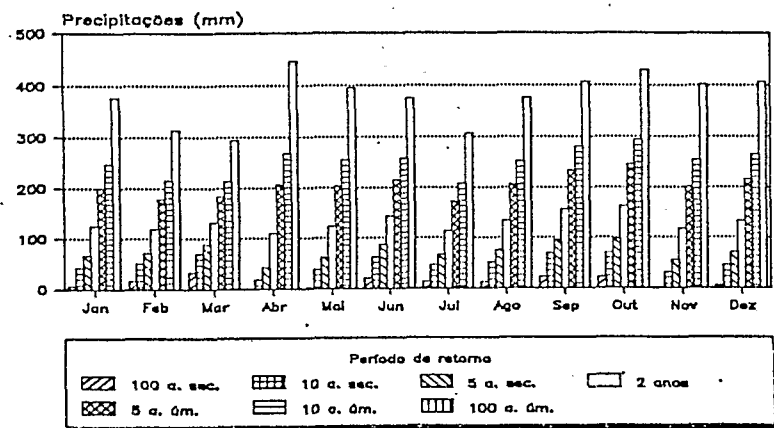


Figura 2 : Pluviometria mensal (Cruz Alta)

Observa-se a notável homogeneidade média da distribuição mensal das precipitações, devido ao regime de circulação atmosférica bastante regular ligado principalmente às passagens de frentes frias vindas do Sul.

Pluviometria diária

Recorrência (anos)	1	2	3	5	10	20	50	100
Precipitação diária (mm)	88,9	101,8	109,1	118,3	130,5	142,6	158,3	169,1

Tabela 2 : Pluviometria diária (Cruz Alta)

A análise dos dados de pluviometria diária no posto escolhido também foi realizada no mesmo princípio. O melhor resultado foi obtido com uma distribuição de Goodrich truncada. Foram tratados 37,44 anos com 5 146 dias de precipitação não nula ; a soleira de truncatura escolhida era 36,5 mm. Os valores obtidos após ajuste para períodos de retorno padrão estão na tabela 2.

CARACTERÍSTICAS DOS EVENTOS CHUVOSOS NO POSTO DE IJUI-IPAGRO

Generalidades

A série pluviográfica do posto Ijuí-IPAGRO está marcada por numerosas lacunas, devido ao mau funcionamento ocasional do aparelho e, às vezes, à ausência de diagramas durante períodos prolongados. A amostra final obtida, colocando ponta a ponta todos os períodos de observações, abrange uma duração de 21,73 anos entre 1963 e 1968. Os eventos chuvosos foram individualizados utilizando um critério de separação muito amplo : intensidade inferior a 0,5 mm durante uma hora. Este critério foi escolhido para privilegiar o evento chuvoso completo e não dividi-lo em sub-eventos no caso em que comporte diversos picos de intensidade, separados por períodos mais ou menos longos de intensidades mais fracas. Foi assim obtida uma amostra de 3 522 eventos chuvosos.

Intensidade-duração-frequência

Para cada um dos eventos chuvosos individualizados foram procuradas as intensidades máximas em 5, 10, 15, 30, 60, 120 e 180 minutos para todos eventos cuja precipitação total é superior ou igual a 20 mm. Essas intensidades foram, a seguir, ajustadas sobre uma distribuição de Goodrich para estabelecer a tabela 3 das intensidades para duração escolhidas e recorrências estatísticas compreendidas entre 1 e 50 anos.

Recorrência (anos)	em							
	5 mn	10 mn	15 mn	30 mn	60 mn	90 mn	120 mn	180 mn
1	114,8	89,4	76,9	68,0	56,3	23,2	17,8	14,4
2	129,7	101,2	87,2	77,5	64,7	27,1	20,4	16,4
3	135,7	105,9	91,4	81,3	68,2	28,8	21,5	17,3
5	147,7	115,5	99,9	89,1	75,3	32,2	23,8	18,9
10	160,3	125,6	108,9	97,4	82,9	36,0	26,2	20,7
20	172,3	135,2	117,5	105,4	90,2	39,8	28,6	22,4
50	187,3	147,3	128,4	115,5	99,6	44,8	31,6	24,6

Tabela 3 : Intensidades em mm/h para durações e períodos de retorno fixados (Ijuí-Ipagro)

Pode-se observar uma diferença notável com os resultados obtidos por Denardin e al. (1980) para o posto de Cruz Alta. Mas estes autores utilizaram dados já elaborados, sem voltar aos diagramas originais e a comparação dos resultados de vários outros postos permite exprimir algumas dúvidas a respeito dos valores finais.

Observa-se que estas intensidades refletem o regime principalmente frontal das precipitações com valores relativamente moderados em comparação aquilo que pode ser observado em climas com regime mais diferenciado (como nas regiões mais ao norte do Brasil, por exemplo).

Forma dos eventos chuvosos

Foi extraído da amostra inicial 310 eventos chuvosos de altura superior ou igual a 20 mm, eliminando todos os casos complexos com picos múltiplos. A seguir e depois de uma discretização em intervalo constante de 10 minutos, seis hietogramas médios foram estabelecidos levando em conta (figura 3) : (i) todos os eventos ; (ii) os eventos cuja precipitação é superior a 50 mm ; (iii) os eventos de verão (16/12 a 15/03) ; (iv) os eventos de outono (16/04 a 15/06) ; (v) os eventos de inverno (16/06 a 15/09) ; (vi) os eventos de primavera (16/09 a 15/12).

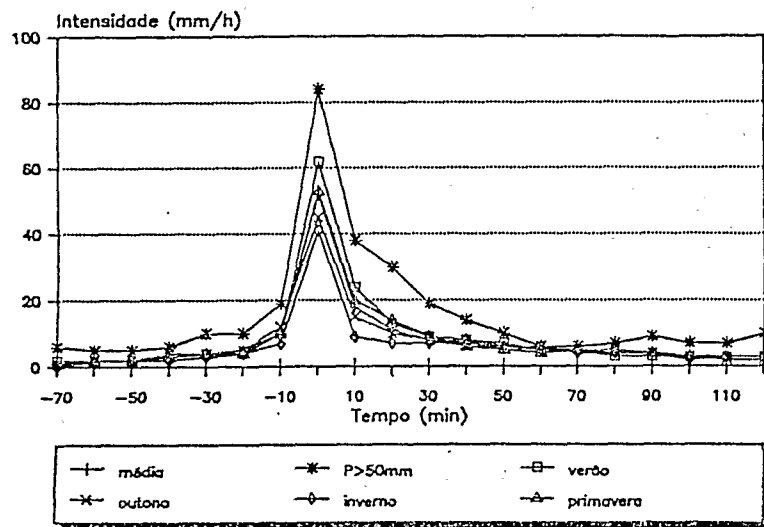


Figura 3 : Forma média dos eventos chuvosos (Ijuí-Ipagro)

Pode-se notar que os eventos chuvosos apresentando o maior volume de precipitação ($P > 50$ mm) têm uma duração um pouco maior que a média, mas possuem intensidades máximas muito superiores (+ 62% em 10 minutos e + 76% em 30 minutos). Além disso, observa-se que na primavera e no verão os eventos chuvosos são em média mais curtos e mais intensos que no outono e no inverno, mas as diferenças continuam pequenas (10% para a duração e 10/20% para a intensidade).

Ocorrência diária dos eventos chuvosos

Para avaliar a ocorrência diária dos eventos chuvosos foi utilizada a amostra completa de 3 522 eventos. Uma análise

preliminar mostrou que os eventos iniciam com uma ligeira preferência para as horas diurnas (56% entre 6 e 18 horas). Na amostra de trabalho foram contados até 8 eventos chuvosos no decorrer de um mesmo dia (entre 0 e 24 horas). Esse número cotidiano foi relacionado à precipitação total diária (tabela 4).

número de eventos chuvosos	precipitação diária (mm)						total
	0.5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	>50	
1	76,2	44,8	41,0	31,7	44	30,9	58,5
2	21,2	36,0	36,1	34,1	26,2	30,9	26,9
3	4,9	11,3	16,5	19,0	17,9	25,2	9,7
4	1,0	5,0	4,8	11,9	10,7	8,1	3,8
>= 5	0,3	2,5	1,6	3,2	1,2	4,8	1,3

Tabela 4 : Número de eventos chuvosos por dia, função da precipitação diária, em % de ocorrência (Ijuí-Ipagro)

Para cerca de 60% dos dias de chuva observa-se apenas um único evento chuvoso, 25% com dois, 10% para três eventos e 5% para mais de 4 eventos chuvosos cotidianos. A proporção do número de dias de chuva com um único evento chuvoso é bem superior no caso de um total diário inferior a 10 mm, e, neste caso, praticamente nunca há mais de três eventos. Ao contrário, se o total for superior a 10 mm, em mais da metade dos casos há pelo menos dois eventos chuvosos e a proporção com três ou mais eventos está longe de ser desprezível.

Um estudo complementar mostrou também que os eventos chuvosos únicos ocorrem mais frequentemente durante os meses de verão (dezembro a março) e os eventos chuvosos múltiplos durante os meses de inverno (junho a setembro).

Erosividade das chuvas

A partir das correlações obtidas entre as perdas em terras medidas sobre parcelas experimentais e diferentes características das chuvas, Wischmeier e Smith (1958) encontraram o fator $R = E \times I30$ que é o valor do produto da energia cinética de cada chuva unitária pela sua intensidade máxima em 30 minutos. A soma dos resultados de todas as chuvas de um mês dá a erosividade mensal, assim como a soma dos resultados de todas as chuvas de um ano dá a erosividade anual.

Adota-se o método descrito por Leprun (1981) para o cálculo desta grandeza R, cuja unidade é compatível com o sistema internacional.

Para o cálculo dos valores anuais e mensais foram usados 16 anos do posto de Ijuí-Ipagro, com menos de 5% de lacuna (se houver lacuna, o resultado é corrigido proporcionalmente à duração da lacuna). A tabela 5 e a figura 4 apresentam valores característicos obtidos : a série é curta demais para calcular uma verdadeira distribuição estatística.

Índice de erosividade anual R

Máximo	Média	Mediana	Mínimo
759	504	468	258

Tabela 5 : Valores característicos anuais do índice de erosividade (16 anos de observação em Ijuí-Ipagro)

Como pode-se observar os meses de maior erosividade das chuvas são no verão, o que confirma os resultados obtidos anteriormente com as formas de chuva, devido a uma ocorrência de eventos convectivos somente nesta época do ano.

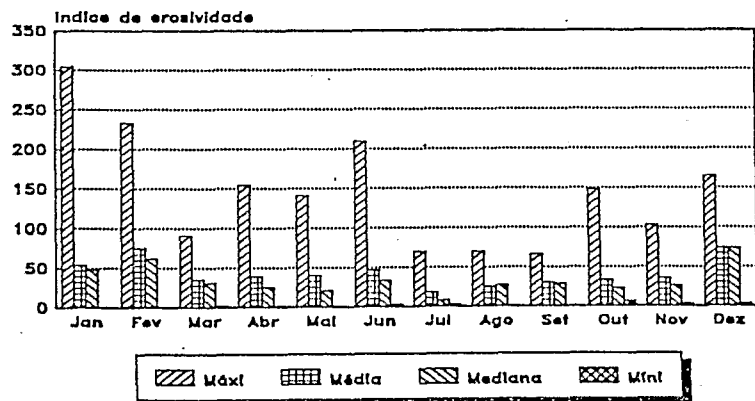


Figura 4 : Valores característicos mensais do índice de erosividade (Ijuí-Ipagro)

Uma estatística foi estabelecida a partir dos 500 maiores índices de erosividade para um único evento chuvoso. Observa-se uma distribuição log-normal cujos resultados característicos são apresentados na tabela 6.

Período de retorno	1 ano	2 anos	3 anos	5 anos	10 anos	20 anos
	Índice de erosividade	62	83	95	111	132

Tabela 6 : Valor do índice de erosividade de um evento chuvoso para alguns períodos de retorno (16 anos de observação em Ijuí-Ipagro)

CONCLUSÃO

Os resultados apresentados neste artigo estão constituindo um exemplo de uma análise da pluviometria e da pluviografia registradas durante uma longa duração, anteriormente a um estudo específico dos processos hidrológicos numa dada região. O volume de dados a ser processados para obter resultados fundamentais numa futura utilização pode parecer enorme, mas este trabalho mostra que ainda sofreu falhas. As dificuldades encontradas e a comparação com resultados de outras fontes provam, mais uma vez, a necessidade de uma rede permanente de observação cuidadosamente monitorada e de uma gestão, uma crítica e uma interpretação dos dados disponíveis rigorosas.

AGRADECIMENTOS

Este artigo resulta de um trabalho feito com uma enorme quantidade de dados de observação. Uma parte importante da obtenção e processamento dos dados pluviográficos foi realizada graças a Jorge A. Lautert e Alexandre D.S. Wood, estagiários do IPH-UFRGS. Os dados pluviométricos foram fornecidos pelo 1º Distrito do DNAEE-DCRH em Porto Alegre, pela CEEE, pelo DEPRC e pelo INEMET; os diagramas de pluviografia foram emprestados pelo IPAGRO a partir das observações realizadas no Centro de Treinamento da Cotrijuí (Augusto Pestana-RS). Os autores também querem agradecer a ajuda substancial do Professor C.E. Tucci e da Professora H.L. Hofmann, ambos do IPH-UFRGS.

REFERENCIAS

BORGES, A.L., BORDAS, M.P. (1988), Choix de bassins représentatifs et expérimentaux pour l'étude de l'érosion sur le plateau basaltique sudaméricain. *Sediment Budget (Proceedings of the Porto Alegre Symposium)*, IAHS Publ. 174. p. 161-169.

BRUNET MORET, Y. (1978), Recherche d'un test d'ajustement. *Cahiers ORSTOM, sér. Hydrologie*, 15 (3), p. 261-280.

COCHONNEAU, G., HIEZ G., SECHET P. (1991), MVR - Progiciel de mise en oeuvre de la méthode du vecteur régional. Version 1.3. ORSTOM, Brasília.

CRESPO, C.E.J., (1982), Regionalização de vazão máxima do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Tese de Mestrado IPH-UFRGS, Porto Alegre. 83 p. + 23 tab. + 19 fig. + an.

DENARDIN, J.E., FREITAS, P.L., WÜNSCHE, W.A., WENDT, W. (1980), Características fundamentais da chuva no Brasil. 1. Rio Grande do Sul. *Pesq. Agropec.*, Brasília, 15(4), p. 419-421.

HIEZ G. (1977), L'homogénéité des données pluviométriques. *Cahiers ORSTOM, Série Hydrologie*, 14 (2), p. 129-172.

IBGE (1986), Levantamento de recursos naturais, volume 33. Projeto Radam Brasil. 792 p. + mapas.

IPAGRO (1990), Atlas agroclimático. Estado do Rio Grande do Sul. Vol. 3., mapa 232.

LEBEL, T., BOYER, J.F., (1989), DIXLOIS, un ensemble de programmes Fortran 77 pour l'ajustement des lois statistiques et leur représentation graphique. Notice OVNIH #3, ORSTOM, Laboratoire d'Hydrologie de Montpellier.

LEPRUN, J.C. (1981), A erosão, a conservação e o manejo do solo no Nordeste Brasileiro. Recursos de solos, 15, SUDENE, Recife.

RIBSTEIN, P. (1983), Loi des fuites. Cahiers ORSTOM, sér. Hydrol., 20 (2).

WISCHMEIER, W.H., SMITH, D.D. (1958), Rainfall energy and its relationship to soil loss. Trans. Amer. Geophys. Union, 39, p. 285-291.

AINDA AS EQUAÇÕES DE CHUVAS INTENSAS - PODE-SE GENERALIZAR?

STILL THE RAINFALL INTENSITY FORMULAS - CAN IT BE GENERALIZED?

VALTER HERNANDEZ

Professor Assistente
Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP
Faculdade de Engenharia Civil
Caixa Postal 6021
13081 - Campinas - SP

RESUMO -- Este trabalho apresenta uma expressão genérica para a determinação de chuvas intensas de diferentes durações e períodos de retorno, com o intuito de servir para o projeto de pequenas obras de drenagem ou como estimativa preliminar em outros estudos. Utilizando expressões existentes para 109 postos no Brasil, é feita a verificação de sua aplicabilidade, assim como de fórmulas já existentes das quais ela deriva.

ABSTRACT -- This paper presents a generic formula for intensity rainfall determination for a range of return periods and durations, to be used in projects of small drainage works, or as a preliminary estimate in other studies. A check of the applicability of this formula was made by using existing equations for 109 stations in Brazil. The same was made for other formulas already existing, from which the former derived.