

ANÁLISE ESPACIAL E TEMPORAL DAS PRECIPITAÇÕES NA BACIA DO RIO POTIRIBU

Omar Barbosa da Silva Júnior¹, Nilza Maria dos Reis Castro¹, Carlos Eduardo Morelli Tucci¹

Resumo – O projeto Potiribu começou em 1989, quando o IPH/UFRGS iniciou uma pesquisa com o ORSTOM/IRD, num acordo bilateral CNPq/ORSTOM/IRD. O objetivo geral do projeto é estudar os impactos sobre o comportamento hidrossedimentológico dos solos e dos rios do planalto basáltico do sul do Brasil, e, mais especificamente, os efeitos dos cultivos de verão (soja/milho) e de inverno (trigo/aveia) sobre os recursos hídricos da região noroeste do Rio Grande do Sul. Desde o início do projeto, existe um monitoramento permanente das precipitações e das vazões em sub-bacias do rio Potiribu. A região é basicamente agrícola, sendo verificado em maio de 1994 a mudança, por parte dos agricultores da região, da forma de plantio convencional para o plantio direto. Para atender ao objetivo do projeto foi realizado um estudo das precipitações na região, dividido a série histórica de precipitações em partes: uma antes do projeto (até 1989), outra depois do projeto (a partir de 1989), e esta última foi subdividida em duas: período de plantio convencional (Set/1989 - Abr/1994) e período de plantio direto (Mai/1989 - Jul/1999). Este trabalho tem como objetivo apresentar a análise da variabilidade temporal e espacial das precipitações anuais, mensais e máximas diárias na região em estudo.

Abstract - The project Potiribu began in 1989, when IPH/UFRGS began a research with ORSTOM/IRD, in a bilateral agreement CNPq/ORSTOM/IRD. The general objective of this project is to study the impacts on the behavior hydrological of the soils and of the rivers of the basaltic plateau of the south of Brazil, and, more specifically, the effects of the summer and winter plantation on the hydrological resources of the northwest area of Rio Grande do Sul - Brazil. Since the beginning of the project, a permanent monitoring of the precipitations and floods in sub-basins of the river Potiribu. The area is basically agricultural, being verified in May of 1994 the conventional plantation change for the direct plantation. To assist to the objective of the project a study of the precipitations it was accomplished in the area, the historical series of precipitations was divided in parts: one before the project (up to 1989), another after the project (from 1989), and this

¹ Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH-UFRGS)

Av. Bento Gonçalves, 9500 - Agronomia CEP: 91.501-970 Porto Alegre/RS - Caixa Postal 15029

Fone: (0xx51) 3316-6327 Fax: (0xx51) 3316-6565 e-mail: osilva@if.ufrgs.br, nmcastro@if.ufrgs.br, tucci@if.ufrgs.br

last one was subdivided in two: period of conventional plantation (Set/1989 - Abr/1994) and period of direct plantation (Mai/1989 - Jul/1999). This work has as objective to present the analysis of the temporary and space variability of the annual, monthly and daily maxims precipitations in the area in study.

PALAVRAS-CHAVE- El Niño; Precipitações; Projeto Potiribu.

INTRODUÇÃO

O projeto Potiribu começou em 1989, quando o Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) iniciou uma pesquisa com o ORSTOM/IRD (Instituto Francês de Pesquisa Científica para o desenvolvimento em Cooperação), num acordo bilateral CNPq/ORSTOM/IRD.

O objetivo geral do projeto é estudar os impactos sobre o comportamento hidrossedimentológico dos solos e dos rios do planalto basáltico do sul do Brasil, e, mais especificamente, os efeitos dos cultivos de verão (soja/milho) e de inverno (trigo/aveia) sobre os recursos hídricos da região noroeste do Rio Grande do Sul (Castro et al., 2000).

O estudo do comportamento das precipitações da região é básico para a compreensão dos processos hidrológicos que ocorrem na bacia hidrográfica do Potiribu. Esta análise envolve os seguintes itens: representabilidade temporal dos períodos em que se dispõe de vazão na bacia e dos períodos de alterações antrópicas; variabilidade espacial e representabilidade das precipitações observadas na bacia; e análise temporal da precipitação no Potiribu.

No estudo foram considerados os postos pluviométricos da região do Ijuí identificados na Tabela 1 e os postos pluviométricos e pluviográficos instalados na bacia do Potiribu descritos na Tabela 2. Os valores obtidos com os postos instalados na bacia do Potiribu foram agrupados num único grupo denominado de Posto Potiribu para análise temporal das séries. Essa série foi obtida através da média dos valores de precipitação mensal dos postos com dados da bacia do Potiribu.

O projeto Potiribu tem um período de observação contínuo, desde 1989 e permanece em andamento. Dentro deste estudo, o período de dados utilizados é de setembro de 1989 até julho de 1999. Dentro desse período observam-se alterações no uso do solo no ano de 1994.

Desta forma, os dois períodos básicos com condições diferentes de uso do solo são: Set/1989 - Abr/1994 → Plantio Convencional; e Maio/1994 – Jul/1999 → Plantio Direto. Desta forma, foram

definidas duas séries de precipitação para os dois períodos acima, visando caracterizar a variabilidade temporal da precipitação entre os dois períodos de dados com alterações antrópicas.

As características estatísticas dessas duas séries são fundamentais para a análise da influência do uso do solo nas funções hidrológicas, pois devemos filtrar a influência da variabilidade temporal da precipitação entre os períodos de uso específico para evitar o mascaramento das alterações devido à mudança no uso do solo por alterações pontuais do regime pluviométrico e, dessa forma, conhecer a verdadeira influência da mudança do emprego do plantio convencional para o plantio direto.

As séries temporais de precipitações analisadas foram as seguintes: anuais; mensais; e máximas diárias. Os valores anuais de precipitação foram obtidos considerando o ano hidrológico que corresponde ao período de doze meses a partir do início do período chuvoso até o fim da estação seca. No Rio Grande do Sul o ano hidrológico inicia em maio e termina em abril (Tucci, 1993).

Tabela 1 – Características dos postos pluviométricos da região de Ijuí

Código (ANEEL)	Posto	Latitude	Longitude	Período de Obs.
02853003	Conceição	28° 31' S	53° 53' O	Jan/1960-Out/1998
02853006	Ijuí	28° 38' S	53° 55' O	Jan/1944-Nov/1976
02853010	Passo do Faxinal	28° 16' S	53° 51' O	Jan/1958-Out/1998*

Fonte: BRASIL, 2000

* Período com falhas

Tabela 2 – Relação dos pluviômetros (P) e pluviógrafos (PG)

Código	Nome	Longitude Oeste	Latitude Sul	Data		% funcionamento até 12/98**
				início	fim	
P13	Alto Donato	53°41'14"	28°25'06"	27/06/90		98,8%
P52	Baixa Divisa	53°41'55"	28°24'08"	07/11/89		98,0%
PG14	Baixo Donato	53°40'12"	28°25'18"	14/12/90		85,6%
		53°40'31"	28°25'09"	23/07/98*		
PG51	Alta Divisa	53°41'28"	28°23'36"	28/08/89		96,5%

* troca de local e observador ** % da duração das observações aproveitáveis em relação a duração total

Fonte: Castro et al., 2000

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A região estudada neste trabalho foi a bacia do rio Potiribu, que está localizada ao noroeste do estado do Rio Grande do Sul numa posição central do derrame basáltico sul-americano (Figura 1).

O rio Potiribu é um contribuinte da margem esquerda do Rio Ijuí, este último sendo afluente de margem esquerda do Rio Uruguai. Portanto, a bacia do rio Potiribu faz parte da bacia do Prata. Segundo Borges & Bordas (1988; 1990), a bacia do rio Potiribu pode ser considerada como representativa da região do planalto basáltico, uma região que se estende por 230.000 km².



Figura 1 - Localização da área em estudo (Castro et al., 2000)

O clima da região da bacia do rio Ijuí, segundo Beltrame (2000), está dentro da classificação mesotérmica brando superúmido sem seca (Cfa), assim descrita por Köppen:

Cfa - temperatura média das máximas superior a 22 °C e a média das mínimas entre -3 e 18°C e verão quente.

Segundo IPAGRO (1989), a temperatura média para a cidade de Cruz Alta oscila entre 18 e 19 °C, sendo julho o mês mais frio (13 – 14 °C) e janeiro o mês mais quente (24 °C). A média das máximas é de 32 °C e a média das mínimas fica em torno de 8 °C.

O clima na região de Ijuí e Cruz Alta foi descrito por Chevallier (1991) que menciona Nimer (1989) ao definir o clima da região sul do Brasil como um clima mesotérmico do tipo temperado, caracterizado por sua homogeneidade e por sua unidade regional. A região sul do Brasil é limitada a leste pelo Oceano Atlântico e o seu relevo é relativamente elevado (pode alcançar 1500 m)

apresentando formas de planaltos simples. Está situada ao sul do Trópico de Capricórnio e possui quatro estações bem marcadas, relacionadas com a variação da altitude do sol no seu zênite durante o ano. A temperatura do ar acompanha essa variação sazonal, de maneira que pode alcançar valores próximos a 0 °C no inverno e valores máximos de verões tropicais que ultrapassam 35 °C.

PRECIPITAÇÕES ANUAIS

Variabilidade espacial

A variabilidade espacial das precipitações anuais na bacia do Potiribu pode ser considerada pequena, como mostra a Figura 2 através da plotagem dos valores dos postos 13, 14, 51 e 52 adimensionalizados pela média de cada posto. A série de precipitações anuais da bacia do Potiribu, representada pela linha cheia na figura, foi obtida pela média espacial dos valores de precipitação dos postos do projeto Potiribu (Tabela 2) e foi adimensionalizada pela média dos valores anuais da própria série no período 1990-1998.

As séries temporais de precipitações anuais dos postos de Conceição, Ijuí e Passo do Faxinal foram adimensionalizadas pela média de cada posto, cujo resultado gráfico é exposto na Figura 3, onde são comparadas com a série adimensionalizada do Potiribu.

Analisando a Figura 3 verificamos que há uma boa correlação entre os postos, mostrando que a variabilidade espacial da precipitação anual na região é pequena, com exceção de alguns poucos anos, mas a tendência geral é a mesma para todos os postos.

A série do posto de Conceição é a que melhor representa a série histórica, porque não contém falhas, como a série do posto Faxinal, e é uma série longa (38 anos) que engloba o período de dados do projeto Potiribu.

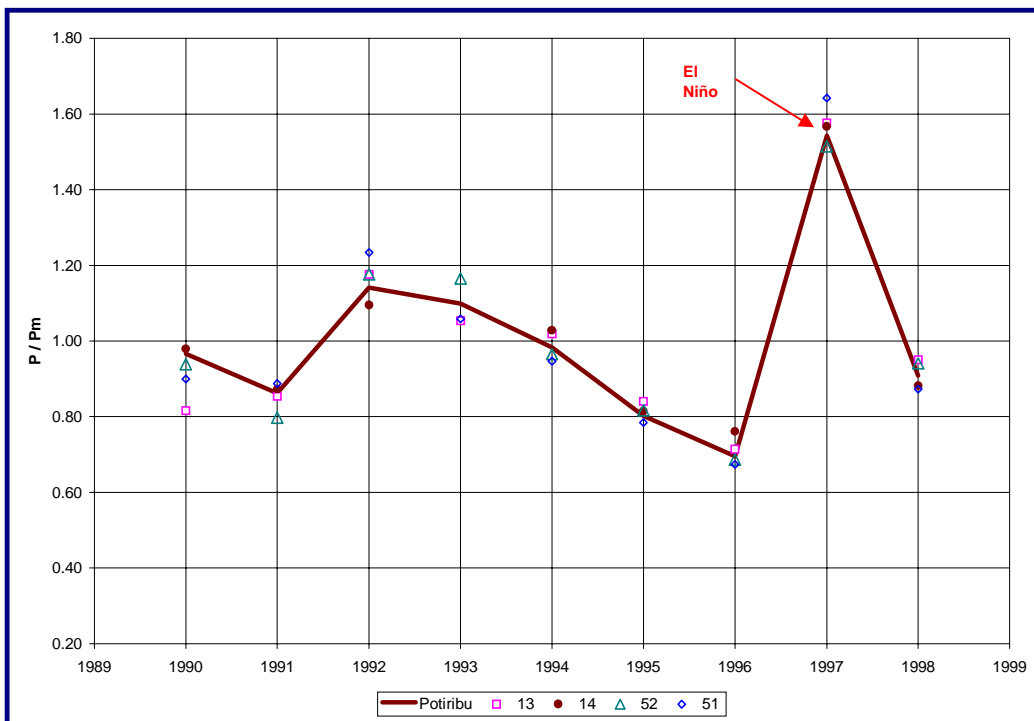


Figura 2 - Variabilidade espacial da pluviometria anual dos postos da bacia do Potiribu

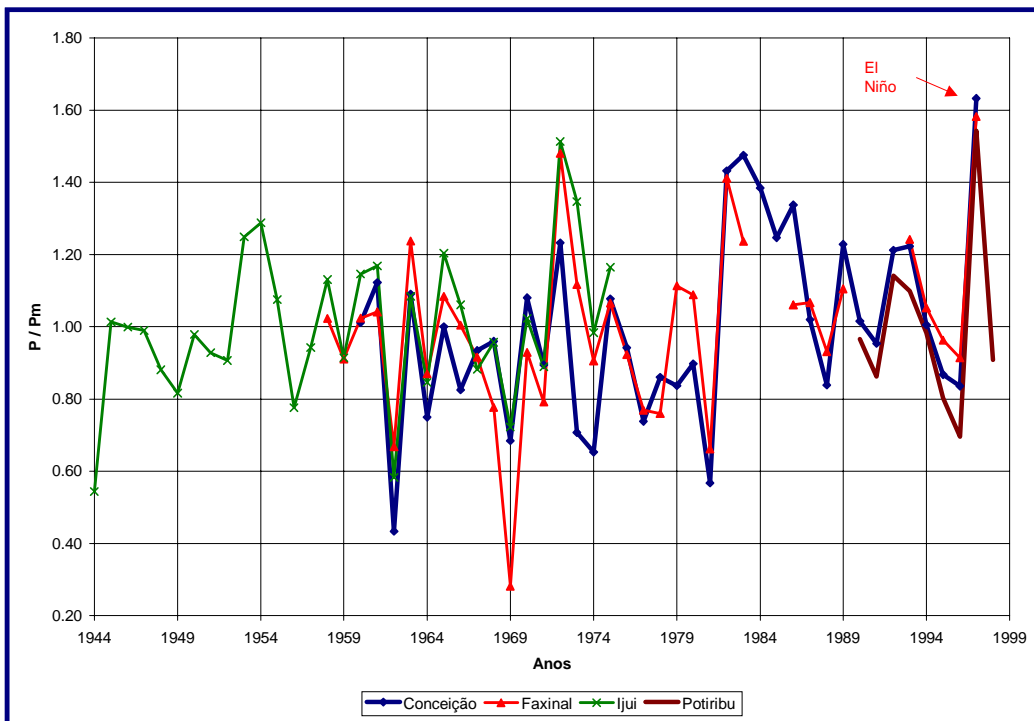


Figura 3 - Séries temporais das precipitações médias anuais

Na Figura 4 é analisada a correlação entre a precipitação do posto Conceição e dos postos da bacia do Potiribu. A média dos postos da bacia do Potiribu apresenta boa correlação com o posto Conceição como mostra o ajuste linear na figura. Os valores dos postos 13, 14, 51 e 52, também

são mostrados na figura, onde podemos observar que eles apresentam uma pequena dispersão em relação aos valores da média dos postos da bacia do Potiribu.

Variabilidade temporal

Analisando a Figura 3 podemos observar que o ENSO (El Niño Southern Oscillations) provocou, em 1997, um ano úmido com a maior magnitude ocorrida no período analisado. Verificamos também que o período de 1990 a 1998 apresenta uma média maior em relação ao período do posto de Conceição, verificado pelo deslocamento para baixo do gráfico da série do Potiribu, cuja média foi obtida no período de 1990 a 1998, em relação aos gráficos das séries de Conceição e Passo do Faxinal.

A variabilidade da média e seu aumento nos últimos 20 anos pode ser verificado através da análise da média móvel de 4 anos da série de Conceição ao longo do seu período total de dados.

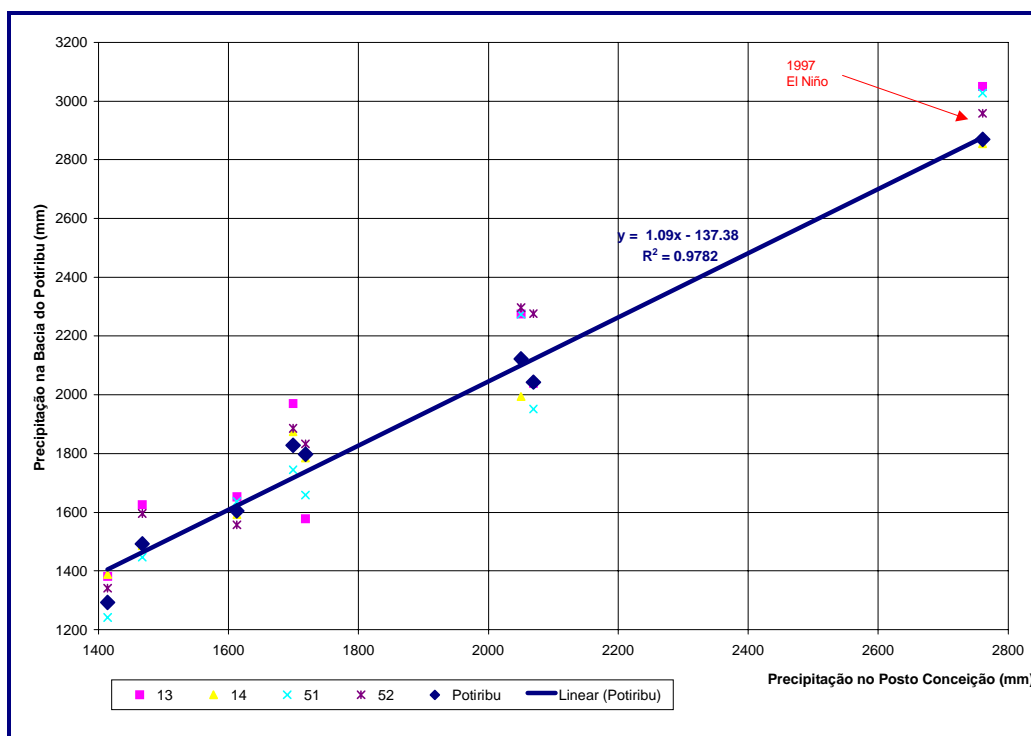


Figura 4 - Correlação entre as precipitações anuais dos postos do Potiribu com o posto Conceição

Na Figura 5 estão representadas as médias móveis das séries temporais de Conceição e do Potiribu, onde podemos observar que há uma tendência de aumento da média móvel de 4 anos a partir de 1981, com uma inversão de tendência depois de 1986, uma pequena ascensão em 1992,

uma queda significativa em 1996 e uma retomada do aumento com a ocorrência do ENSO em 1997. O período de dados do Potiribu se encontra num patamar acima da média histórica da região, com exceção de 1996.

A Tabela 3 apresenta as características estatísticas das séries de precipitações anuais do posto Conceição, considerando diferentes períodos. Na tabela, verificamos que a média da precipitação anual do período do projeto Potiribu (1990-1997) é ligeiramente maior que a média do período anterior ao projeto (1960-1989), porém essas médias podem ser consideradas estatisticamente equivalentes, ao nível de confiança de 95%, como mostra a Tabela 4, onde o valor da variável estatística t é menor que o t crítico (95%), mostrando que a hipótese de equivalência das médias é aceitável, nesse nível de confiança.

Pela Tabela 4 observamos também que o desvio padrão das precipitações anuais foi praticamente o mesmo nos períodos 1960-1989 e 1990-1997, logo a série de precipitações anuais do período do projeto do Potiribu pode ser considerada como representativa de toda a série histórica do posto Conceição.

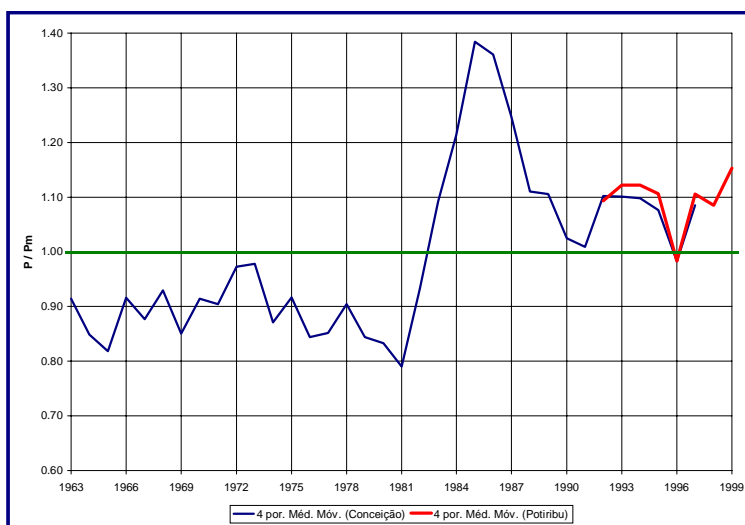


Figura 5 - Média móvel de 4 anos das precipitações anuais

Tabela 3 – Estatística das séries de precipitações anuais do posto Conceição

Período	Completo 1960-1997	Antes do Projeto 1960-1989	Projeto 1990-1997	Convencional 1990-1993	Direto 1994-1997
No. de observações	38	30	8	4	4
Média (mm)	1692	1650	1849	1863	1836
Desvio padrão (mm)	440	437	439	232	629
Mínimo (mm)	733	733	1414	1613	1414
Máximo (mm)	2761	2495	2761	2069	2761

Tabela 4 - Teste-t: séries 1990-1997 e 1960-1989 do posto Conceição presumindo variâncias equivalentes

	Projeto (1990-1997)	Antes do Projeto (1960-1989)
Média	1849.20	1649.88
Variância	192900	191347
Observações	8	30
Variância agrupada	191649	
Graus de liberdade	36	
Estatística <i>t</i>	1.1442	
<i>t crítico (95%)</i>	1.6883	

Finalmente, comparando as precipitações anuais do período de plantio direto (1994-1997) com as precipitações anuais do período de plantio convencional (1990-1993), verificamos que as médias são praticamente iguais, porém o desvio padrão é maior no período de plantio direto, como mostra a Tabela 2.

As variâncias, ao nível de confiança de 90%, não podem ser consideradas equivalentes, como mostra a Tabela 5. Foi adotado o nível de confiança de 90% por causa da pequena quantidade de dados.

Tabela 5 – Teste-F: séries 1994-1997 e 1990-1993 do posto Conceição (variâncias)

	Plantio Direto (1994-1997)	Plantio Convencional (1990-1993)
Média	1835.575	1862.825
Variância	395934.34	53670.8
Observações	4	4
Graus de liberdade	3	3
Estatística F	7.377091	
<i>F crítico (90%)</i>	5.390774	

Série de anos úmidos

Usando a série do posto Conceição (1960-1997), cuja média é 1692 mm e o desvio padrão é 440 mm, foi obtido a curva de probabilidade para os anos úmidos, através do ajuste dos valores de precipitação anual a uma distribuição Log-Normal, como mostra a Figura 6.

A probabilidade de ocorrência das precipitações anuais foi obtida pela distribuição Log-Normal. Os valores observados foram plotados segundo a equação de posição de plotagem de Blom (Lanna, 1993).

Para determinar se a precipitação anual de 1997 é um outlier (ponto fora da tendência) de máximo (P_{out}^+), podemos usar a seguinte equação:

$$P_{out}^+ \geq P_m + k_{\alpha/2} \cdot s \quad (1)$$

onde P_m e s são a média e o desvio padrão, respectivamente, dos valores da série histórica e $k_{\alpha/2}$ é calculado em função do nível de significância α desejado, seguindo uma distribuição normal padronizada.

Foi utilizado o valor de 1% para o nível de significância por ser considerar que valores de precipitação anual nessa ordem de significância não podem ser representados pela tendência geral dos demais valores observados, sendo, assim, considerado como outlier.

Para $\alpha = 1\%$, temos $k_{\alpha/2} = 2,58$:

$$P_{out}^+ \geq 1692 + 2,58 \cdot 440 = 2827mm$$

Logo o ano de 1997 (Pano = 2761mm) não é considerado um outlier ao nível de confiança (1- α) de 99%.

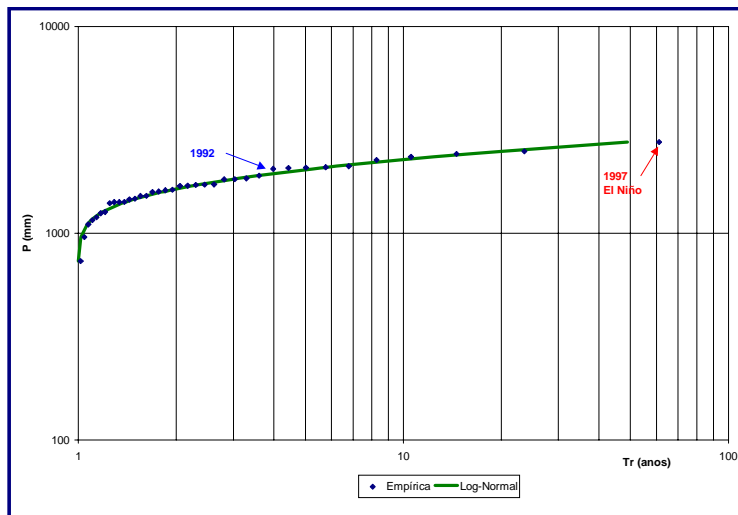


Figura 6 - Probabilidade de anos úmidos

Série de anos secos

A probabilidade de anos secos foi obtida através do ajuste de uma distribuição Normal aos valores da série histórica do posto de Conceição, representada na Figura 7. Os valores observados foram plotados segundo a equação de posição de plotagem de Weibull (Lanna, 1993).

O ano mais seco da série histórica do posto de Conceição foi o de 1962 (ver Figura 3) com uma precipitação anual de 733 mm (ver Tabela 3).

Comparando os períodos de uso específico do solo, observa-se que no período do plantio direto (1994-1998) o ano mais seco foi o de 1996 (ver Figura 7) com um tempo de retorno de 3,8 anos pela distribuição Normal contra o ano mais seco do período de plantio convencional (1991) que tem um tempo de retorno de 2,3 anos.

Verificamos então que o período de plantio direto apresenta o ano mais seco (1996 com 1414 mm) e o mais úmido (1997 com 2761 mm) dentro do período de dados do projeto Potiribu (1990-1998), fazendo com que a variância no período seja alta e estatisticamente diferente da variância do período convencional, apesar das médias serem equivalentes (valores na Tabela 5).

PRECIPITAÇÕES MENSAS

Análise Espacial

A análise espacial da precipitação mensal da região de Ijuí foi realizada considerando a precipitação mensal média de cada mês no período de dados em comum das séries de precipitação mensal dos postos de Ijuí, Faxinal e Conceição (1960-1976), adimensionalizados pela média de cada posto no período. A representação gráfica dos resultados é exposta na Figura 8. Pela figura verificamos que a variabilidade espacial dos postos é pequena.

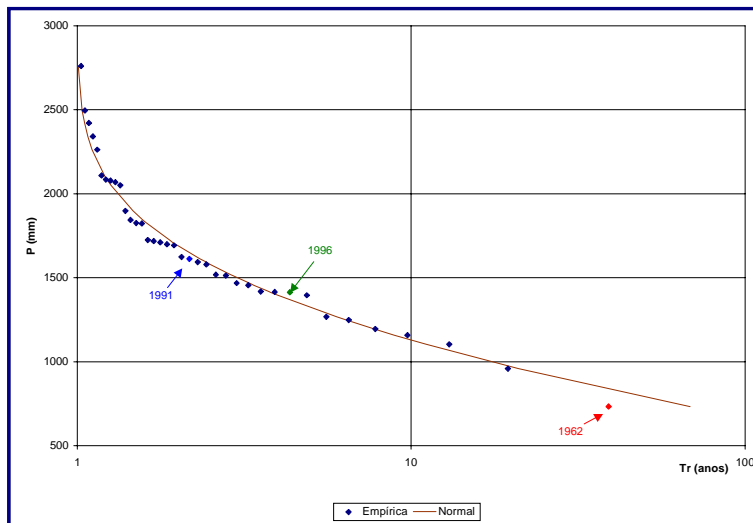


Figura 7 - Probabilidade de anos secos

A série de Conceição foi a escolhida para a análise por retratar bem o período, por não apresentar falhas e pela sua boa correlação com o posto Potiribu como mostra a Figura 9.

Considerando apenas o período dos dados do projeto Potiribu (1989-1999), verificamos que existe uma pequena variação espacial dos valores de precipitação mensal dos postos da bacia do Potiribu e do posto de Conceição, como mostra a Figura 9, e que a média dos postos da bacia do Potiribu apresenta boa correlação com o posto Conceição. Os valores dos postos 13, 14, 51 e 52, também mostrados na Figura 9, apresentam uma pequena dispersão com relação aos valores da média dos postos da bacia do Potiribu.

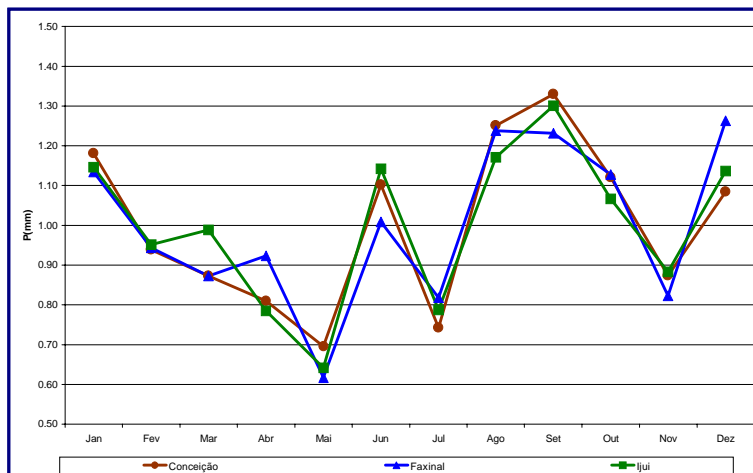


Figura 8 - Variação espacial das precipitações mensais na região de Ijuí

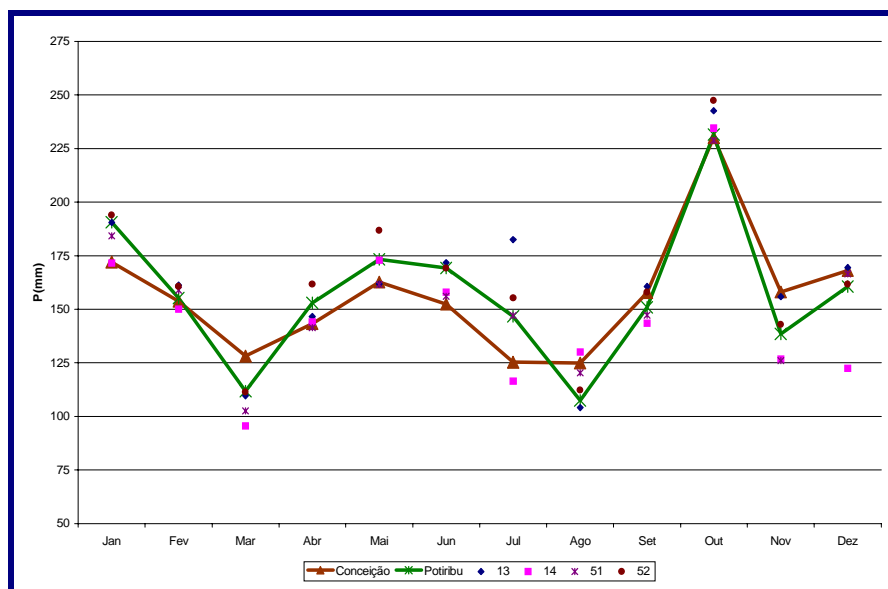


Figura 9 - Variação espacial do postos do Potiribu e de Conceição (1989-1999)

Análise Temporal

As precipitações na região do Ijuí apresentam uma distribuição ao longo do ano relativamente uniforme (desvio padrão de 15 mm equivalente a 10,7% da média, 140,7 mm), como mostra a curva da série longa de precipitações do posto de Conceição apresentado na Figura 10. Essa curva foi obtida através das médias das precipitações mensais no período Jan/1960 a Set/1998. Nessa curva, percebemos que o mês mais seco, março, tem uma precipitação mensal de 115,9 mm, enquanto o mês mais úmido, outubro, apresenta 167,1 mm, mostrando uma precipitação mensal variando numa faixa que oscila em torno de 25 mm em relação à média ao longo do ano.

A Figura 10 apresenta o ciclo anual das precipitações mensais dos postos Conceição e Potiribu, considerando apenas o período de 1989 a 1999. Nessas curvas, observamos claramente a influência do ENSO nas precipitações dos meses maio (1992) e outubro (1997) que foi capaz de distorcer a forma das curvas com relação a da série longa (1960 – 1998 do posto de Conceição). Verificamos que, sem considerar esses meses (maio/92 e out/97) de El Niño, as curvas apresentam melhor correlação com a série longa (0,71 sem o efeito do El Niño contra 0,66 com o El Niño). O posto de Conceição mostrou razoável correlação (0,80 sem o efeito do El Niño e 0,87 com o El Niño) com o posto Potiribu para o ciclo anual de precipitações, considerando apenas o período de 1989 a 1999.

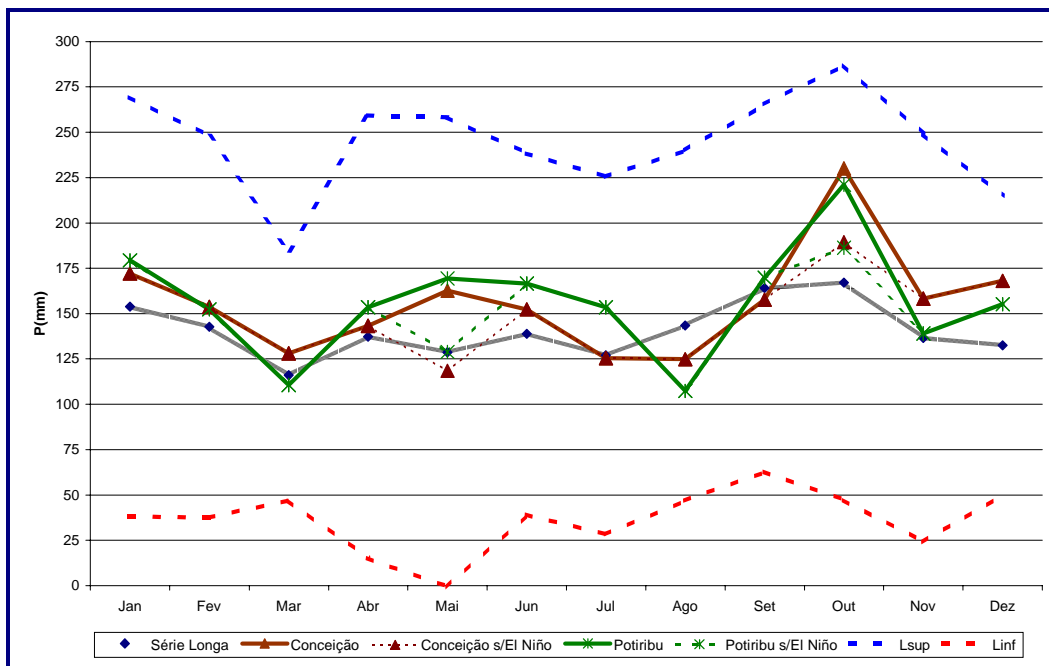


Figura 10 - Ciclo anual de precipitações

Na Figura 10 é indicado o intervalo de confiança com nível de significância (α) de 25% para os valores das precipitações mensais médias da série histórica de Conceição (1960-1998). Os valores do posto de Conceição foram usados como referência por se tratar da série mais representativa.

A Tabela 6 mostra os valores extremos das precipitações mensais. Pela tabela, observa-se que os meses de janeiro, maio, junho e novembro apresentaram valores de precipitação nulos no período 1960-1988, o que não ocorreu em nenhum mês no período do projeto Potiribu (1989-1998). Os meses de fevereiro, maio, outubro e novembro apresentaram os maiores valores de precipitação no período do projeto Potiribu devido ao efeito do El Niño (maio/1992; outubro e novembro/1997; e fevereiro/1998) (hachuradas na Tabela 6).

Nos meses de fevereiro/1998 e novembro/1997, o efeito do El Niño não produziu precipitações maiores do que as da série histórica anterior (1960-1988), porém nos meses de maio/1992 e outubro/1997, a precipitação mensal foi a maior de toda a série de dados (1960-1998).

Pela Figura 11 observamos um aumento na média da precipitação mensal na maioria dos meses (com exceção do trimestre: julho, agosto e setembro), sendo que no mês de outubro esse aumento se mostrou mais acentuado, pois a média desse mês passou de 147,6 mm no período de 1960 a 1988 para 230,1 no período de 1989 a 1998, ou seja, um aumento de 55,9%.

O desvio padrão do período 1989-1998 apresentou mudanças significativas nos meses de fevereiro (aumento de 54,0%), maio (aumento de 74,9%), outubro (aumento de 48,3%) e dezembro (aumento de 53,4%), como mostra a Figura 12.

Tabela 6 – Valores extremos das precipitações mensais do posto Conceição

<i>Mês</i>	1960-1998		1960-1988		1989-1998	
	Máximo (mm)	mínimo (mm)	máximo (mm)	mínimo (mm)	máximo (mm)	mínimo (mm)
<i>janeiro</i>	393.8	0	393	0	393.8	37
<i>fevereiro</i>	370	9.1	370	28.1	331.9	9.1
<i>março</i>	280.3	6	280.3	6	207.1	56.6
<i>abril</i>	386.9	10.3	386.9	10.3	308.3	33.4
<i>maio</i>	560.2	0	392.6	0	560.2	26.7
<i>junho</i>	463.8	0	463.8	0	288.8	102.8
<i>julho</i>	414.4	21.5	414.4	21.5	223.6	56.6
<i>agosto</i>	347.6	12.1	347.6	12.1	291.4	20.3
<i>setembro</i>	406.2	14.8	364.7	14.8	406.2	38.1
<i>outubro</i>	556.6	15.2	328.9	15.2	556.6	117.7
<i>novembro</i>	378.8	0	378.8	0	369.9	29.9
<i>dezembro</i>	306.4	32.4	233.3	32.4	306.4	52.3

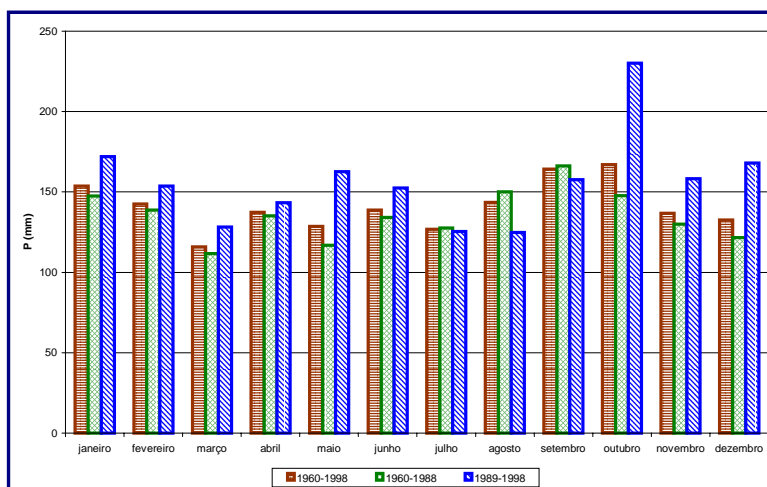


Figura 11 - Médias mensais do posto Conceição

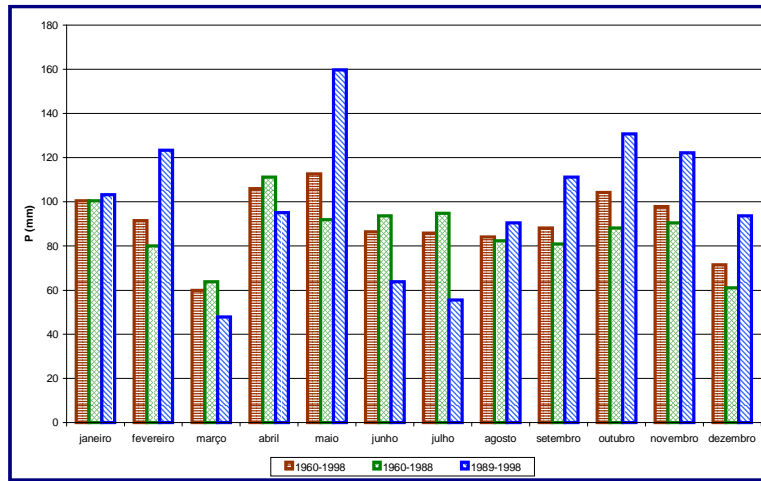


Figura 12 - Desvios padrões mensais do posto Conceição

Adaptando as equações 1 e 2 para valores de precipitação mensal, temos:

$$\frac{P_{outj}^+ - \bar{P}_i}{s_i} \geq k_{\alpha/2} \quad (3)$$

$$\frac{\bar{P}_i - P_{outj}^+}{s_i} \geq k_{\alpha/2} \quad (4)$$

onde $P_{out,i}^+$ e $P_{out,i}^-$ são outlier de máxima e de mínima, respectivamente, da precipitação mensal do mês i , \bar{P}_i e s_i são a média e o desvio padrão, respectivamente, do mês i e $k_{\alpha/2}$ é calculado em função do α desejado, seguindo uma distribuição normal padronizada. Para $\alpha = 1\%$, temos $k_{\alpha/2} = 2,58$.

A Tabela 7 mostra os valores extremos de precipitação mensal dos meses no período 1989-1998 do posto de Conceição e o $k_{\alpha/2}$ correspondente a cada valor extremo, adotando a média e o desvio padrão do período 1960-1998, de maneira a ser possível localizar os valores de outliers.

Tabela 7 – Valores extremos de precipitação mensal do postos de Conceição (1989-1998)

mês	máximo		mínimo	
	(mm)	$k_{\alpha/2}$	(mm)	$k_{\alpha/2}$
<i>janeiro</i>	393,8	2.39	37,0	1.16
<i>fevereiro</i>	331,9	2.07	9,1	1.46
<i>março</i>	207,1	1.52	56,6	0.99
<i>abril</i>	308,3	1.61	33,4	0.98
<i>maio</i>	560,2	3.83	26,7	0.91
<i>junho</i>	288,8	1.73	102,8	0.42
<i>julho</i>	223,6	1.13	56,6	0.82
<i>agosto</i>	291,4	1.76	20,3	1.47
<i>setembro</i>	406,2	2.75	38,1	1.43
<i>outubro</i>	556,6	3.74	117,7	0.47
<i>novembro</i>	369,9	2.38	29,9	1.09
<i>dezembro</i>	306,4	2.43	52,3	1.12

Pela Tabela 7 verificamos que os valores extremos máximos de precipitação mensal no período de 1989-1998 foram bem maiores que o valor média do período completo 1960-1998, sendo que os meses de maio de 1992, setembro de 1990 e outubro de 1997 podem ser considerados como outlier ao nível de significância de 1%.

PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DIÁRIAS

Análise espacial

A análise espacial da precipitação máxima diária da região de Ijuí foi realizada considerando a maior precipitação diária de cada ano hidrológico da série histórica de cada posto, como mostra a Figura 13. Os valores referente ao Potiribu foram obtidos com base na média dos valores dos postos 13, 14, 51 e 52, também representados na figura.

Como o posto de Faxinal não tem dados no período 1990-1992 e a série histórica do posto de Ijuí termina em 1975, então o posto de Conceição foi o escolhido para a análise das precipitações máximas diárias.

Na Figura 13 observamos que há uma boa correlação entre os valores de precipitação máxima diária do posto de Conceição com os postos 13, 14, 51 e 52 da bacia do Potiribu e com a média desses postos.

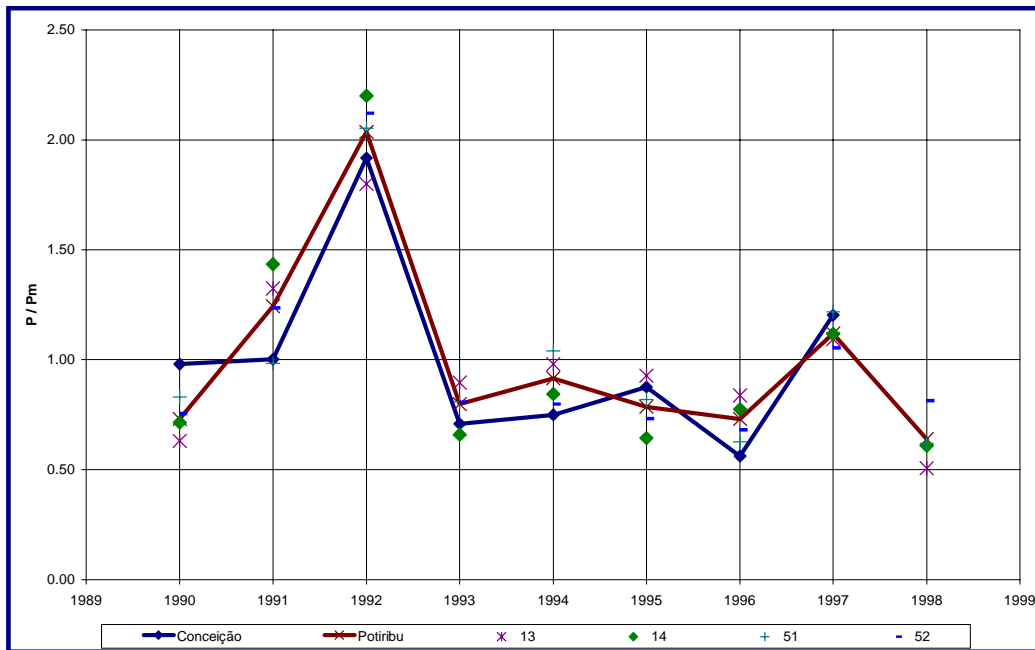


Figura 13 - Séries de precipitações máximas diárias dos postos do Potiribu e de Conceição

Análise temporal

Para a análise temporal das precipitações máximas diárias foi usado o maior valor de precipitação diária de cada ano hidrológico da série histórica do posto de Conceição. Esses valores foram ajustados a uma distribuição Gumbel, como mostra a Figura 14.

Na verificação do ajuste dos valores da série histórica para a distribuição Gumbel foi utilizada a equação de posição de plotagem de Gringorten. Os parâmetros da distribuição Gumbel para as precipitações máximas diárias do posto de Conceição são:

Com 1992:	Sem 1992:
$\mu = 88.4 \text{ mm}$	$\mu = 89.28 \text{ mm}$
$\alpha = 24.09 \text{ mm}$	$\alpha = 16.12 \text{ mm}$

As precipitações máximas diárias do posto de Conceição tiveram como extremos os dias 27 de maio de 1992 e 5 de novembro de 1997 que apresentaram os valores de 241.6mm e 151.6mm respectivamente. A precipitação máxima diária de 1992 pode ser considerada como um outlier,

pois pela Equação 5, considerando a média e o desvio padrão de todo do período (1960-1998), temos $k_{\alpha/2} = 4,51$. Pelo trabalho de Chevallier (1991) essa precipitação teria um tempo de retorno de quase 6 mil anos para a região de Cruz alta, como mostra a Figura 15.

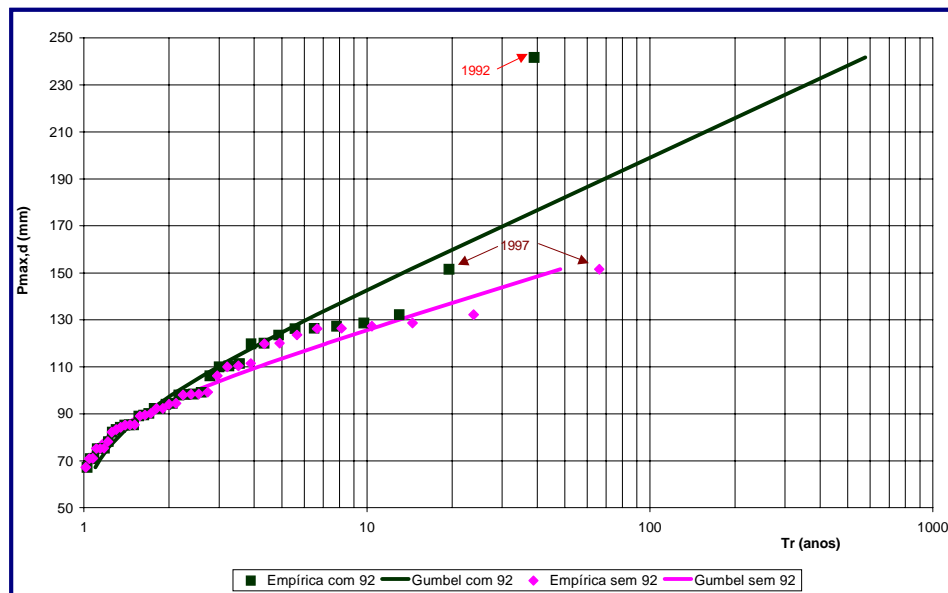


Figura 14 - Distribuição Gumbel para as precipitações máximas do posto Conceição

Pelo ajuste da distribuição Gumbel aos valores do posto de Conceição, incluindo o valor de 1992, o tempo de retorno dessa precipitação seria de 577 anos e a precipitação de 1997, a segunda maior no período de 1960 a 1998, teria um tempo de retorno de apenas 14 anos, o que mostra que o valor de 1992 deve ser tratado como outlier.

Desconsiderando o valor de 1992, o ajuste dos valores do posto de Conceição a uma distribuição Gumbel fornece resultados mais coerentes com os apresentados para o posto de Cruz Alta, como podemos ver na Figura 15, mostrando que este ajuste é o mais aconselhável para representar a distribuição de probabilidade das precipitações máximas diárias da região de Ijuí.

Na Figura 13 observamos que o valor da precipitação máxima diária de 1992 provocou uma distorção entre os períodos de plantio convencional e plantio direto. Sem considerar o valor de 1992, as séries de precipitações máximas diárias dos períodos de uso específico do solo seriam praticamente homogêneas.

Chevallier & Dhein (1993) estudaram as precipitações excepcionais de 26 e 27 de maio de 1992. Os autores atribuem ao efeito do ENSO a ocorrência dessas precipitações. A precipitação máxima de 24h, registrada em Pejuçara foi de 396,5 mm, com uma intensidade máxima de 104 mm/h durante 10 minutos, 72 mm/h em 30 minutos; 62 mm/h em 1 hora; 51 mm/h em três horas.

Após uma análise estatística da série de precipitação de Santo Ângelo (1914 e 1988), Chevallier & Dhein (1993) calcularam um tempo de recorrência de 16.000 anos para a precipitação acumulada nos dois dias (500 mm). Porém, essa escala de tempo é superior ao tempo de variações climáticas globais (10.000 anos), por isso, os autores concluem que o período de recorrência dessas precipitações é numa ordem inferior a algumas centenas de anos.

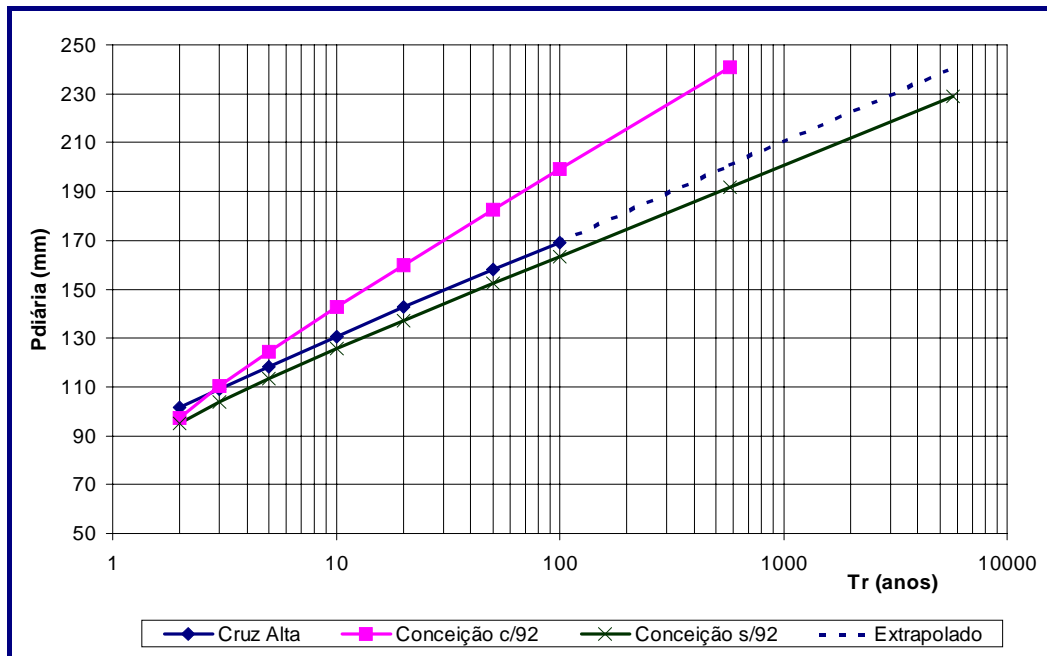


Figura 17 - Distribuições de probabilidade das precipitações máximas diárias

CONCLUSÃO

Face a análise feita nesse trabalho sobre as precipitações na região de Ijuí, podemos apresentar as seguintes conclusões: a variabilidade espacial da precipitação anual no período em estudo (1989-1999) pode ser considerada pequena; a média das precipitações anuais do período de 1989-1998 (1849 mm) em relação ao período de 1960-1997 (1692) é um pouco maior (10%) devido ao aumento sucessivo da média móvel de 4 anos das precipitações anuais nos últimos 20 anos; a variabilidade temporal da precipitação anual no período em estudo foi grande devido a ocorrência do fenômeno ENSO no ano hidrológico de 1997 que provocou o ano mais úmido (2761 mm) dos últimos 50 anos precedido do ano mais seco (1414 mm) no período de estudo, de modo que o período de plantio direto se caracteriza por uma variância alta quando comparada com a do período de plantio convencional; outro ponto na variabilidade temporal das precipitações anuais é que o período de plantio direto apresenta anos hidrológicos com precipitações anuais abaixo da média do período de estudo com exceção do ano de 1997, que por ser extremamente úmido, fez com que a

média dos dois períodos sejam similares, logo, apesar dos períodos convencional e plantio direto terem médias equivalentes (1863 e 1836 mm, respectivamente), podemos considerar o período de plantio direto como o mais seco; a variabilidade temporal das precipitações mensais se caracteriza pela ocorrência do fenômeno ENSO que provocou valores extremos (outliers) nos meses de maio de 1992 e outubro de 1997. Sem a interferência do ENSO, a distribuição inter-anual das precipitações é bastante uniforme, variando entre 116 mm (março) a 167 mm (outubro); e a precipitação máxima diária apresentou valores extremos nos anos de 1992 (241,6 mm) e 1997 (151,6 mm) devido ao efeito do ENSO, sendo que o ano de 1992 pode ser considerado como outlier, não devendo ser considerado nos estudos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do CNPq e da CAPES pela concessão da bolsa de estudo do primeiro autor e ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas pela infra-estrutura disponibilizada.

BIBLIOGRAFIA

- BELTRAME, L. F. de S. (coord.), 2000. Consistência de Dados Hidrológicos da Bacia Hidrográfica do Alto Uruguai, Sub-Bacia 75. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS.
- BORGES, A. L. O. & BORDAS, M. P., 1988. Choix de bassins representatifs et expérimentaux pour l'étude de l'érosion sur le plateau basaltique sudaméricain. In: PORTO ALEGRE SIMPOSIUM, 1988, Porto Alegre. Sediment budgets. Wallingford: IAHS. p. 161-169.
- BORGES, A. L. O. & BORDAS, M. P., 1990. Escolha de bacias representativas e experimentais para o estudo da erosão no planalto basáltico sulamericano. In: CONGRESSO BRASILEIRO E ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 8., 1990, Londrina. Anais.
- BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. 2000. Base de dados Hidrológicos – Hidrodata. Bacia 7: Bacia do Uruguai. Brasília. Cd-rom. Versão 1.1
- CASTRO, N. M. R.; CHEVALLIER, P.; GOLDENFUM, J. A., 2000. Projeto Potiribu, atualização 1989 – 1998: dados básicos de fluviometria e pluviometria. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. (Recursos Hídricos. Publicação n. 35)
- CHEVALLIER, P., 1991. As precipitações na região de Cruz Alta e Ijuí (RS - Brasil). Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. (Recursos Hídricos. Publicação n. 24)

- CHEVALLIER, P. & DHEIN, R. A., 1993. Les précipitations exceptionnelles des 26 et 27 mai 1992 dans la région d'Ijuí (Rio Grande do Sul, Brésil). *Sécheresse*, v. 4, n. 3, sept., p. 159-164.
- INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS (IPAGRO), 1989. Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, v. 3.
- LANNA, A. E. L., 1993. Elementos de Hidrologia Estatística. In: TUCCI, C.E.M. (org.) *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH: EDUSP. cap. 4, p. 79-176.
- TUCCI, C. E. M., 1993. Regionalização de vazões. In: TUCCI, C.E.M. (org.) *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH: EDUSP. cap. 15, p. 573-619.