

Variabilidade Espacial e Sazonal da Precipitação Pluviométrica na Bacia Hidrográfica no Rio Piquiri-PR

Spatial and Seasonal Variability of Rainfall in the Piquiri Watershed - PR

Márcio Greyck Guimarães Correa
Universidade de São Paulo
mgreyckcorrea@gmail.com

Emerson Galvani
Universidade de São Paulo
egalvani@usp.br

Recebido (*Received*): 02/12/2016
DOI: 10.11606/rdg.v34i0.123635

Aceito (*Accepted*): 23/08/2017

Resumo: Esta pesquisa apresenta uma análise da variabilidade sazonal e espacial da precipitação pluviométrica para a bacia do rio Piquiri-PR. Por meio da metodologia do ano-padrão determinou-se os anos chuvosos, habituais e secos e escolheu-se 1983 representando o ano chuvoso, 2001 o ano habitual e 1978 o ano seco. Os dados pluviométricos utilizados foram disponibilizados pelo Instituto das Águas do Paraná e a série histórica analisada compreendeu o período entre 1976-2010. Para o desenvolvimento da pesquisa foi utilizado 73 postos pluviométricos. Mapeou-se a variabilidade espacial da precipitação pluviométrica para as quatro estações do ano (1983, 2001 e 1978) e observaram-se diferenças singulares no padrão de isoietas e a participação da dinâmica atmosférica na distribuição espacial das chuvas na bacia hidrográfica do rio Piquiri, PR. Destaca-se o aumento da precipitação pluviométrica acima da média no outono do ano chuvoso e uma redução considerável também no outono do ano mais seco. Espacialmente percebe-se um padrão de isoietas com aumento gradativo da precipitação em direção ao sul e sudeste e um núcleo de menor precipitação ao norte da bacia hidrográfica, tanto nas estações do ano seco, chuvoso e habitual.

Palavras-chave: Ano-padrão, distribuição espacial, variabilidade pluvial, Paraná.

Abstract: *This study presents an analysis of the seasonal and spatial variability of rainfall in Piquiri watershed, located in Paraná State, Brazil. By adopting the standard-year method, we chose 1983, 2001, and 1978 to represent the rainy, regular, and dry years, respectively. The precipitation data used in the experiment were provided by the Paraná Water Institute (Instituto das Águas do Paraná), and the analyzed historical series corresponded to the period between 1976 and 2010. Seventy-three (73) rain gauge stations were used for the research development. The spatial variability of precipitation was mapped for the four seasons of the year (1983, 2001, and 1978), and unique differences were observed in the isohyet pattern and participation of atmospheric dynamics in the spatial distribution of rainfall in the Piquiri watershed. There was a marked increase in precipitation above the average in the fall of the rainy year and also a considerable decrease in the fall of the dry year. Spatially, an isohyet pattern with gradually increasing precipitation towards the south and southeast of the drainage basis is observed in the dry, rainy, and regular seasons of the year.*

Keywords: *Standard-year, Spatial distribution, rainfall variability, Paraná.*

1. INTRODUÇÃO

No contexto das mudanças ambientais sabe-se que a água merece especial atenção, principalmente em regiões tropicais. Como sugere Santos (2000), as chuvas assumem um papel importante na compreensão do clima em escala regional e que podem ser consideradas como o principal elemento de análise e organização para o planejamento territorial e ambiental.

Nimer (1979), Grimm *et al.* (1998), Nery *et al.* (2002, 2005) e Baldo *et al.* (2001) desenvolveram importantes estudos sobre a precipitação pluviométrica no centro-sul do Brasil, seja enfatizando a dinâmica atmosférica ou fazendo análises clássicas da distribuição e variabilidade pluvial. Ambos foram importantes para o conhecimento do clima do sul do país e para a identificação dos principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região, destacando as especificidades para cada período do ano.

Entre os principais sistemas atmosféricos geradores de precipitação sobre o sul do Brasil pode-se destacar a influência da ZCAS, processos convectivos locais, sistemas frontais acoplados à massa de ar polar Atlântica (mPa) e complexos convectivos de mesoescala (CCMs).

Durante o verão os sistemas atmosféricos dominantes são os processos convectivos, além da presença da ZCAS que segundo Grimm (2009) pode estar direcionada dependendo de seu deslocamento latitudinal sobre o norte da região Sul, causando chuvas significativas. Segundo Carvalho e Jones (2009), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) caracteriza-se por ser uma banda de nebulosidade e chuvas que se orienta de noroeste-sudeste desde a Amazônia até o Atlântico subtropical e está associado ao escoamento convergente de umidade na baixa troposfera.

Ninomiya (1984) e Kodama (1992) realizaram estudos que diagnosticaram a presença de zonas de precipitação subtropicais quase estacionárias sobre três regiões do globo e apontaram suas diferenças em relação a até então conhecida zona de convergência intertropical. Os primeiros estudos realizados por Streten (1973) e Yasunari (1977) identificaram a presença dessa banda de nebulosidade sobre o continente sul americano, Barros *et al.* (2000) identificou a atuação da ZCAS sobre o sul do Brasil, nordeste da Argentina e Uruguai, e a intensificação ou diminuição das chuvas sobre a região estão diretamente relacionadas ao posicionamento mais ao norte ou ao sul do sistema, principalmente durante o verão. Segundo Nimer (1979), durante o verão nos estados do Paraná e Santa Catarina, além da massa de ar polar Atlântica (mPa), também é comum o avanço de correntes perturbadas de oeste, o que provoca frequentemente chuvas significativas.

As frentes frias atuam sobre o continente sul americano durante o ano todo, para Kousky e Cavalcanti (2009) os sistemas frontais podem causar intensas chuvas na medida em que vão se continentalizando, adquirindo umidade e calor, além de se associarem à Zona de Convergência do Atlântico Sul e provocarem intensas atividades convectivas.

O inverno e o outono são fortemente influenciados pelas correntes perturbadas de sul. Estudos feitos por Oliveira (1986) analisaram os sistemas frontais em 4 bandas latitudinais, concluindo que o máximo de penetrações de frentes no continente ocorre durante o mês de julho, sendo que nos meses de outubro e novembro ocorre a máxima interação destes sistemas frontais com a convecção tropical, principalmente nas bandas de 35°S-25°S e 25°S-20°S.

Para Grimm (2009) as ondas baroclínicas de oeste que se intensificam no inverno, devido ao alto gradiente de temperatura, irão proporcionar a formação e a intensificação dos centros de baixa pressão e a penetração dos sistemas frontais e subsequentes massas de ar frio sobre o sul do Brasil para esse período do ano, condição sinótica esta que se estende para as estações transicionais, principalmente entre maio-setembro.

O ano de 1983 apresentou singularidades no que diz respeito às condições climáticas globais, Weykamp (2006) ao estudar casos específicos de eventos extremos de precipitação pluviométrica demonstra que um fenômeno importante que influencia o regime pluvial interanual no centro-sul do Brasil é El Niño-Oscilação Sul (ENOS). Kousky e Cavalcanti (1984) já haviam observado o

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O levantamento dos dados de precipitação pluviométrica foi realizado junto ao Instituto das Águas do Paraná, ao qual foram escolhidos 41 postos intrabacia e 32 postos extrabacia, totalizando 73 postos pluviométricos e uma série histórica de coleta de dados compreendida entre 1976-2010. Os postos apresentam heterogeneidade de altitude e a escolha de postos no entorno da bacia hidrográfica do rio Piquiri fez-se necessário devido o método de interpolação da *krigagem* utilizado para a geração dos mapas de isoietas.

A análise da distribuição da precipitação requer a coleta de dados de amostra, que consistem em pares ordenados de coordenadas geográficas (x, y) e a precipitação registrada no pluviômetro (z). A análise espacial deste tipo de fenômeno (natural) está sujeita à correlação espacial, ou seja, é uma forma estatística de mensurar a correlação entre dados distintos. A autocorrelação espacial preconiza que os fenômenos mais próximos entre si têm maior correlação que os fenômenos mais distantes.

Através da variação contínua é possível inferir uma superfície contínua dos valores de precipitação pluviométrica até então dispostos pontualmente, para isso é necessário utilizar-se de métodos de interpolação. Assad (2001) ao estudar a distribuição das chuvas no Cerrado brasileiro também determinou a análise de dados contínuos por meio de um interpolador linear. Com relação ao método geoestatístico da interpolação entende-se que:

O procedimento de interpolação é chamado de *krigagem* em honra a Daniel Krige, o pioneiro em introduzir o uso de médias móveis para evitar a superestimação sistemática de reservas em mineração. O que diferencia a *krigagem* de outros métodos de interpolação é a estimação de uma matriz de covariância espacial que determina os pesos atribuídos às diferentes amostras, o tratamento da redundância dos dados, a vizinhança a ser considerada no procedimento inferencial e o erro associado ao valor estimado. Além disso, a *krigagem* também fornece estimadores com propriedades de não tendenciosidade e eficiência. (CAMARGO *et al.*, 2004, p. s/n.)

A consistência dos dados é importante no desenvolvimento da pesquisa uma vez que estes representam quantitativamente o fenômeno da precipitação pluviométrica na bacia do rio Piquiri. De todos os 73 postos pluviométricos a inconsistência nos dados (falhas) representa 0,11 % do total da amostra.

Para o preenchimento das falhas do banco de dados utilizou-se do método da média aritmética, segundo Bertoni e Tucci (2001) neste método admite-se que todos os pluviômetros têm o mesmo peso, e o cálculo é feito com base nos valores medidos. Segundo os autores o método da dupla massa indica a consistência de um banco de dados a partir da análise de uma base de comparação, sendo assim, optou-se por realizar o teste da dupla massa para os postos 35 e 14, tendo como referência a média pluviométrica histórica mensal. A **Figura 2** mostra os dados acumulados dos respectivos postos, nota-se que os postos 35 e 14 apresentam boa correlação com os valores médios dos 73 postos pluviométricos. Esse procedimento foi realizado para todos os demais postos e apresentaram elevada correlação, com R^2 variando entre 0,8 e 0,9.

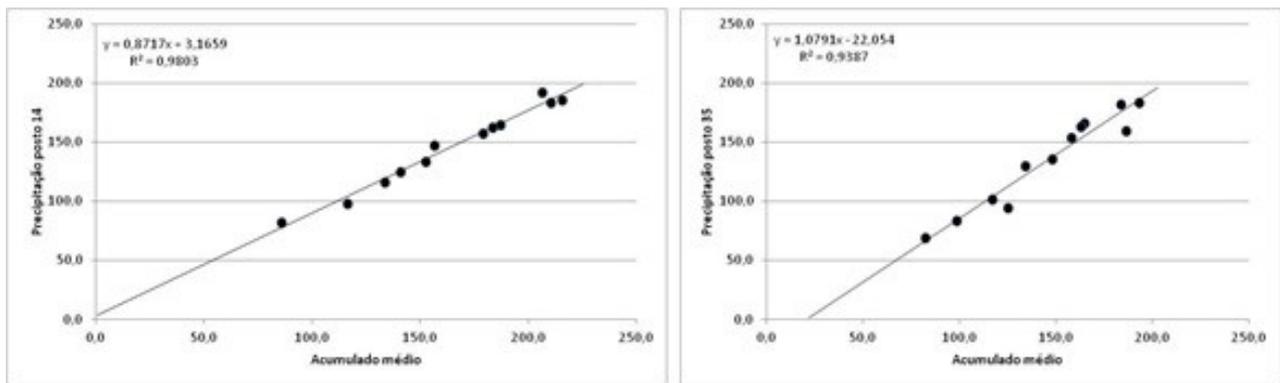


Figura 2: Curva de dupla massa para verificação da consistência da série histórica mensal para o posto 14 e 35.

Através da metodologia proposta por Sant'Anna Neto (1995) na escolha do “ano padrão” calculou-se o desvio padrão da precipitação anual de todos os 73 postos pluviométricos obtendo os anos habituais, tendente a chuvosos, chuvosos, tendente a secos e secos.

A partir da aplicação da metodologia de Sant'Anna Neto (1995) o ano chuvoso, seco e habitual foi escolhido a partir da observação da distribuição da precipitação média mensal e levou-se em consideração os critérios:

- Chuvoso: o ano que apresentasse a precipitação na maioria dos meses acima da média histórica (ano escolhido 1983 com 2540,2 mm);
- Seco: o ano que apresentasse na maioria dos meses precipitação abaixo da média histórica; (ano escolhido 1978 com 1229,2 mm);
- Habitual: o ano que apresentasse precipitação média mensal próxima aos valores da média histórica; (ano escolhido foi 2001).

Para o agrupamento das estações optou-se por escolher para o verão (janeiro, fevereiro e março), para o outono (abril, maio e junho) para o inverno (julho, agosto, setembro) e para a primavera (outubro, novembro e dezembro), com a finalidade de facilitar a análise dos dados. Em seguida produziu-se os mapas sazonais dos respectivos anos determinados anteriormente.

3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Analisando a variabilidade sazonal observa-se na **Figura 3** que na média histórica a primavera apresenta-se como a estação mais chuvosa com 30,9% do volume total precipitado, seguida do verão (26,7%), outono (23,7 %) e o inverno como a estação menos chuvosa (18,7%).

Observando a **Tabela 1** nota-se que para o ano de 1983, considerado chuvoso, a precipitação se concentrou no outono. Importante observar que a precipitação se distribuiu de forma regular entre o verão (23,5%), a primavera (20,7%), e o inverno (20,8%) variando entre 500 a 600 mm. No outono (35%) choveu em média 889,6 mm para o período.

No ano de 1978 (seco), observa-se que o inverno foi a estação mais chuvosa (34,7%) e o outono a mais seca (12,1%), e o verão e a primavera com 20,7% e 32,5% respectivamente.

Para o ano habitual de 2001 o verão apresentou-se como a estação mais chuvosa (34,7%) seguido da primavera (28,3%), outono (20,2%) e o inverno a mais seca (16,8). Diferentemente a média climatológica indica que a primavera é a estação mais chuvosa e o inverno a mais seca.

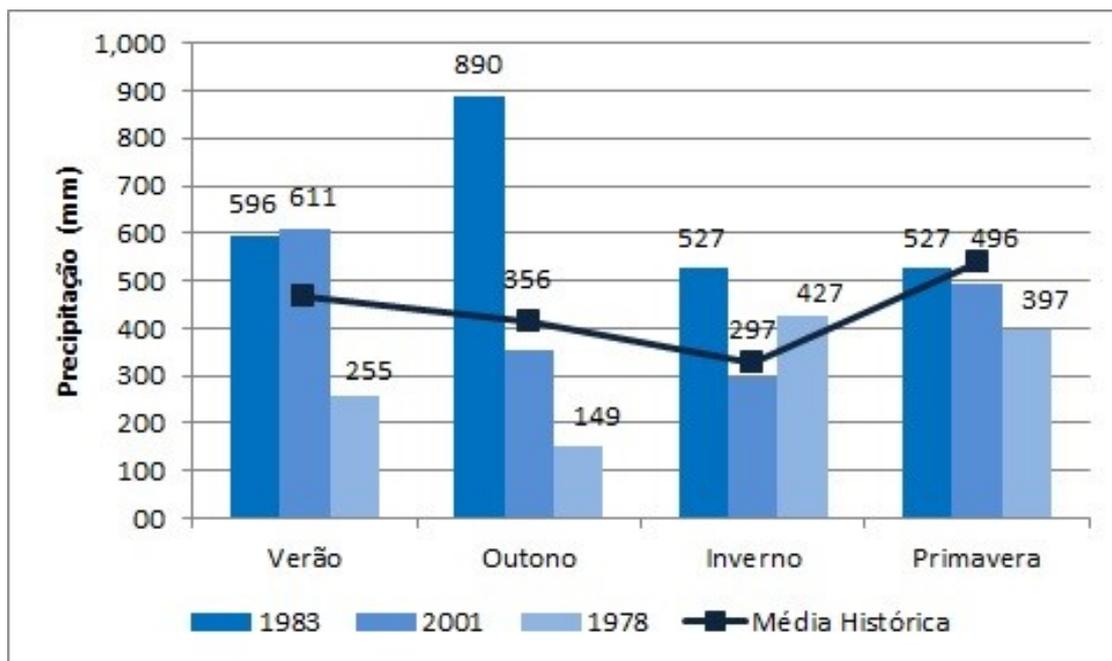


Figura 3: Variabilidade temporal sazonal para o ano chuvoso (1983), habitual (2001) e seco (1978) comparado com a média histórica para a bacia hidrográfica do rio Piquiri-PR.

Tabela 1: Distribuição percentual da precipitação média sazonal para o ano chuvoso (1983), habitual (2001) e seco (1978) comparado com a média histórica para a bacia hidrográfica do rio Piquiri-PR.

Período	Verão (%)	Outono (%)	Inverno (%)	Primavera (%)
Média (1976-2010)	26,8	23,7	18,7	30,8
1983	23,5	35,0	20,8	20,7
1978	20,7	12,1	34,7	32,5
2001	34,7	20,2	16,8	28,3

Analisando a variabilidade espacial pluvial (**Figura 4**) observa-se que durante o verão o núcleo de maior concentração da precipitação se localizou no centro-oeste da bacia, no outono o sudeste e o Sudoeste apresentaram maiores valores de precipitação (880 a 970 mm) sendo o setor norte o que menos choveu (760 a 840 mm). Já no inverno e na primavera o núcleo de maior precipitação ficou restrito ao sul da bacia do rio Piquiri.

Em relação à média histórica, a concentração da chuva no outono foi 53,2% maior em 1983, resultando em um acréscimo médio de 470,8 mm. No inverno choveu 37,9% mais do que registrou-se na média histórica. No verão houve um aumento de 21,5% na precipitação média acumulada, enquanto a primavera apresentou-se com redução de -1,8% na precipitação.

Bloqueios atmosféricos, presença atenuante da Massa Tropical Continental (mTc) podem ter auxiliado na diminuição considerável das chuvas para o ano de 1978. Para Mendonça e Danni-Oliveira (2007), a dinâmica das massas de ar demonstra que a Massa Tropical Continental (mTc) caracteriza-se como um bolsão de ar seco e quente que se forma no interior do continente sul americano no final do inverno e início da primavera, com presença ativa nas condições de tempo durante o verão.

É comum no sul do Brasil períodos prolongados de estiagem, principalmente durante o verão, Bernardes *et al.* (1988) estudaram a ocorrência de veranicos no estado do Paraná e identificaram que na região oeste/noroeste do estado há maior probabilidade de ocorrências mais intensas de

veranicos, sendo no período chuvoso (setembro a março) a frequência de ocorrência de sete dias ou mais de estiagem nas regiões central e oeste do Paraná de oito a nove.

Para o ano seco de 1978 o verão e o outono apresentaram-se como os períodos mais secos, com acréscimo no total pluviométrico no inverno e na primavera voltando à redução pluviométrica antes observada no início do mesmo ano. Especialmente a variabilidade pluvial apresentou acréscimo característico no sentido oeste-leste, sendo o setor oeste o mais afetado pela redução pluviométrica, ao contrário do Leste e extremo sul, que se mantiveram como o setor mais chuvoso (**Figura 5**).

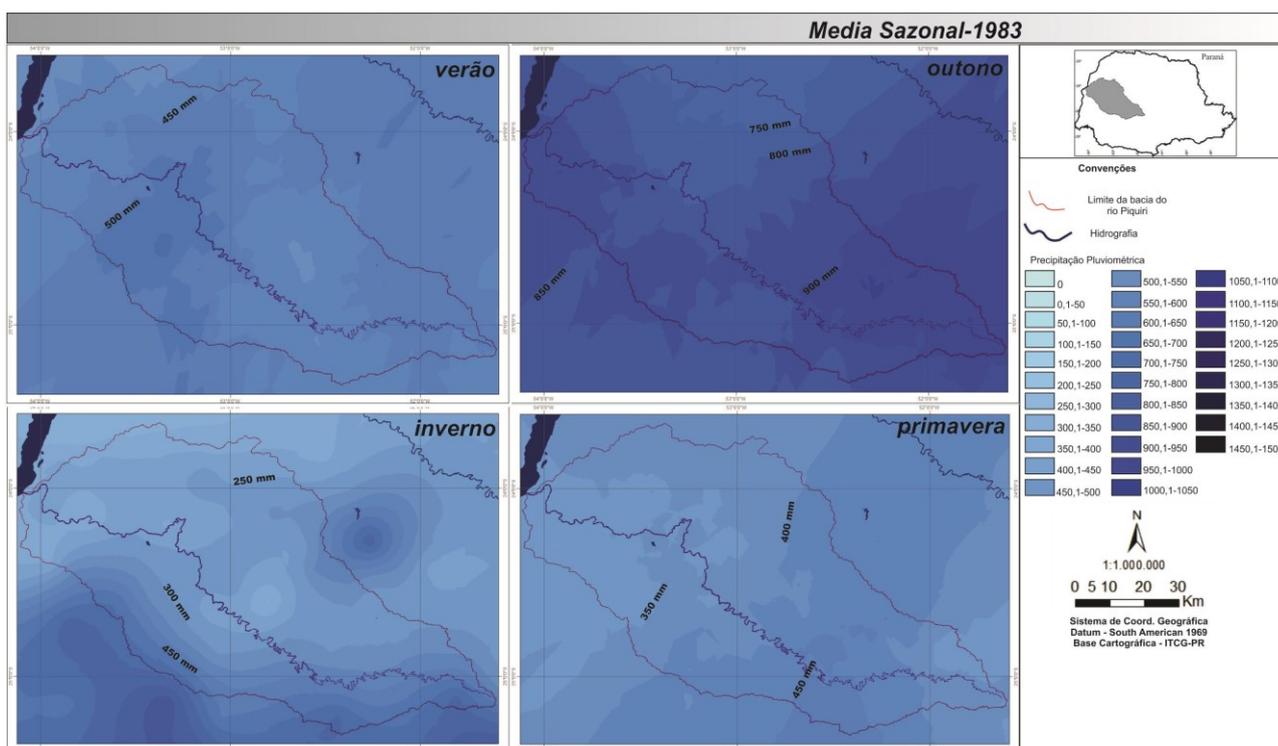
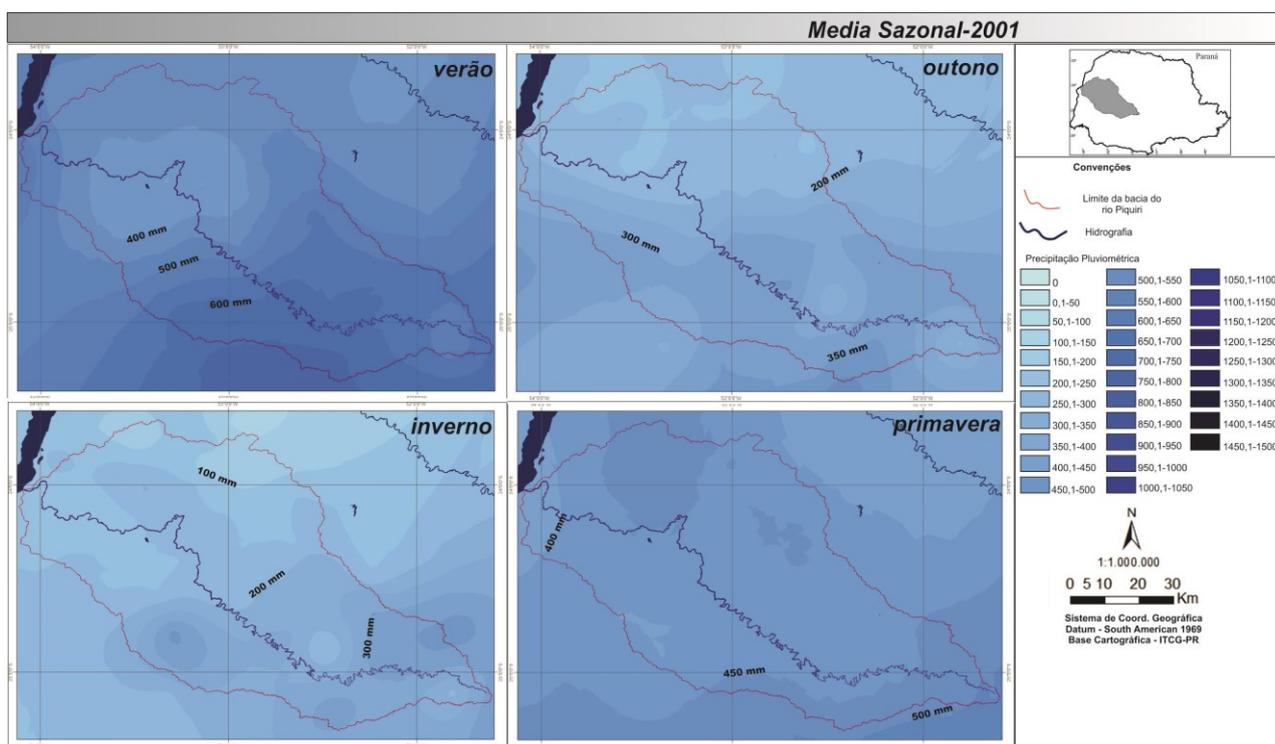
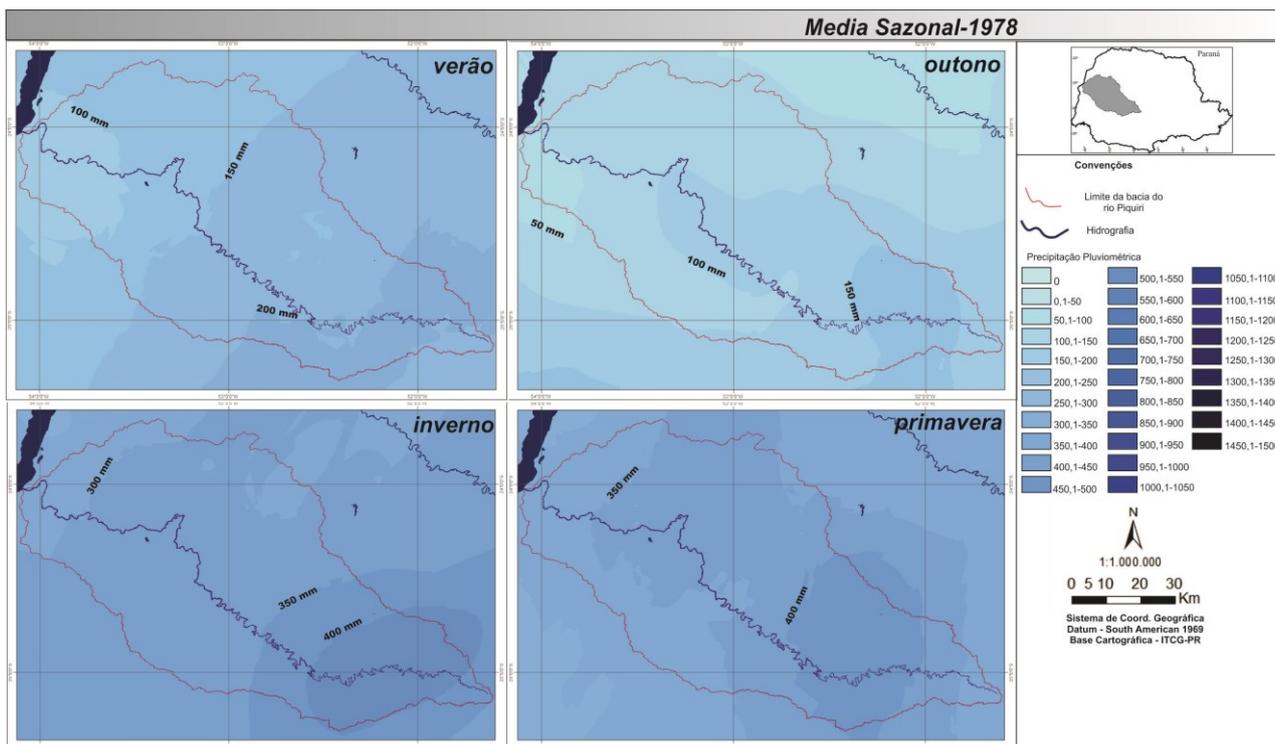


Figura 4: Precipitação média sazonal para a bacia do rio Piquiri-PR em 1983 (chuvoso).

O conceito do ano habitual não deve ser entendido no sentido literal, mesmo em anos chuvosos alguns meses apresentaram pluviometria abaixo da média climatológica, portanto o ano de 2001 (habitual) é apresentado como mais uma forma de explicar a variabilidade do fenômeno mesmo em uma situação de “normalidade”. Berezuk e Sant’Anna Neto (2006) ao estudarem eventos extremos no oeste paulista e norte paranaense selecionaram eventos no ano de 2001 e demonstraram que estas excepcionalidades foram tão intensas neste ano quanto em anos de El Niño/La Niña.

Na **Figura 6** as isoietas sazonais do ano habitual indicam o centro-norte da bacia com os menores valores de precipitação em contraste com o sul-Sudeste com os maiores valores, com exceção da primavera, quando as isoietas de menor valor ficam restritas ao extremo oeste. No verão, a estação mais chuvosa de 2001 observa-se uma célula de diminuição da precipitação acumulada localizada no centro-norte da bacia enquanto o Sul tem os maiores valores de precipitação (700 a 780 mm), no outono a situação é parecida com o verão, mas com valores reduzidos, variando entre 190 a 500 mm em toda a bacia.

Para o inverno é possível distinguir uma célula de concentração da precipitação ao sul e outra ao leste da bacia hidrográfica, ambas com valores variando entre 370 a 480 mm e na primavera o setor centro-oeste apresenta-se como o menos chuvoso (400 a 480 mm), enquanto o norte e extremo leste apresenta-se como o mais chuvoso (520 a 600 mm) (**Figura 6**).



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a média histórica a primavera apresentou-se como a estação mais chuvosa com 30,8% do volume total precipitado, seguida do verão (26,8%), outono (23,7 %) e o inverno como a estação mais seca (18,7%).

Para o ano chuvoso (1983) a precipitação se concentrou no outono, para o ano seco (1978) o inverno foi a estação mais chuvosa (34,7%) e o outono o mais seco (12,1%). Para o ano habitual (2001) o verão apresentou-se como a estação mais chuvosa (34,7%) e o inverno a mais seca (16,8%).

Espacialmente em todas as estações do ano chuvoso e do ano seco o setor norte da bacia apresentou-se como a região com menores valores de precipitação, com aumento gradativo da precipitação em direção ao sul e sudeste da bacia do rio Piquiri, configurando dois setores distintos em relação à distribuição espacial da precipitação.

A ocorrência do fenômeno El Niño no biênio 1983/1984 influenciou substancialmente na variabilidade sazonal da precipitação, principalmente com o acréscimo na precipitação pluviométrica no verão e no outono de 1983, enquanto em 1978 a ocorrência de fraca intensidade do fenômeno configurou-se na bacia do rio Piquiri em uma diminuição das chuvas nos meses de verão e outono. O ano habitual também apresenta variabilidade sazonal da precipitação, sendo o verão a estação mais chuvosa e não a primavera, como apresenta a média climatológica.

Mesmo em uma condição habitual (2001) a variabilidade atribuiu características diferentes daquelas diagnosticadas nas médias históricas. A noção de média climatológica fornece um panorama geral das condições pluviométricas, mas a análise detalhada dos anos-padrão selecionados mostrou um panorama diferente, difícil de estabelecer padrões médios de precipitação pluviométrica.

REFERÊNCIAS

- ASSAD, E. D. **Chuva no Cerrado: Análise e espacialização**. 2 ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2001.
- BALDO, M. C.; MARTINS, M. de L. O. F.; NERY, J. T. Análise da estrutura da precipitação pluviométrica na região sul do Brasil. **Boletim de Geografia**, Maringá, n. 1. 2001.
- BARROS, V. R.; GONZALEZ, M.; LIEBMANN, B.; CAMILLONI, I. Influence of the South Atlantic convergence zone and South Atlantic sea surface temperature on interannual Summer rainfall variability in Southeastern South America. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 67, p. 123-133, 2000.
- BEREZUK, A. G.; SANT'ANNA NETO, J. L. Eventos climáticos extremos no oeste paulista e norte do Paraná, nos anos de 1997, 1998 e 2001. **Revista Brasileira de Climatologia**, vol. 2, p.9-22, 2006.
- BEREZUK, A. G.; GARCIA, M. R. Estudos de tendências do ritmo pluviométrico da bacia hidrográfica do rio Pardo-MS. **Revista Brasileira de Climatologia**. Vol. 9, p.7-20, 2011.
- BERNARDES. L. R. M.; AGUILAR, A. P.; ABE, S. Frequência de ocorrência de veranicos no Estado do Paraná. **Boletim de Geografia**: Maringá, n.9, p.83-108, 1988.
- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. da Universidade – UFRGS, ABRH, 2001.
- CAMARGO, E. C. G.; FUCKS, S. D.; CÂMARA, G. Análise espacial de superfícies. In: FUCKS, S. D.; *et al.* **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004.
- CARVALHO, L. M. V.; JONES, C. Zona de Convergência do Atlântico Sul. In: CAVALCANTI, I. F. de A. FERREIRA, N. J., SILVA, M. G. A. J., DIAS, M. A. F. S. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

- JEAN-MARC FAURÈS, D. C.; GOODRICH, D. A.; WOOLHISER, S. S. Impact of small-scale rainfall variability on runoff modeling. **Journal of Hydrology**. Vol. 173, p. 309-326, 1995.
- GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E. T.; GOMES, J. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, Boston, v. 11, p. 2863-2880, 1998.
- GRIMM, A. M. Variabilidade interanual do clima no Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. de A. CAVALCANTI, I. F. de A. FERREIRA, N. J., SILVA, M. G. A. J., DIAS, M. A. F. S. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- KODAMA, Y. Large-scale common features of Subtropical Precipitation Zones (The Baiu Frontal Zone, the SPCZ, and the SACZ). Part I: Characteristics of Subtropical Frontal Zones. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, v. 70, p.813-836,1992.
- KOUSKY, V.E.; CAVALCANTI, I. F. A. Eventos El-Niño Oscilação Sul: características, evolução e anomalias de precipitação. **Ciência e Cultura**. São Paulo, v. 36, n. 11, p.1188-1199, 1984.
- KOUSKY, V.E.; CAVALCANTI, I. F. A. Frentes frias sobre o Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. de A. FERREIRA, N. J., SILVA, M. G. A. J., DIAS, M. A. F. S. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- NERY, J. T.; MARTINS, M. L. O. F.; SANT'ANA NETO, J. L. Variabilidade da precipitação no Brasil meridional. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 24, n. 6, p. 1687-1695, 2002.
- NERY, J. T. Dinâmica climática da região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**. São Paulo, v.1, n. 1. 2005.
- NIMER. E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.
- NINOMYIA, K. Characteristics of Baiu front as a predominant subtropical front in the Summer northern hemisphere. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, v. 62, p. 880-894, 1984.
- OLIVEIRA, A. S. **Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção da Amazônia**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1986.
- SANT'ANNA NETO, J. L. **As chuvas no Estado de São Paulo**. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.
- SANTOS, M. J. Z. Mudanças climáticas e o planejamento agrícola. In: SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATINI, J. A. **Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá: Eduem, 2000.
- SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Bacias hidrográficas do Paraná: Série histórica**. Governo do Estado do Paraná, 2010.
- STRETEN, N. A. Some characteristics of satellite observed bands of persistent cloudiness over the Southern Hemisphere. **Monthly Weather Review**, v. 101, p. 486-495, 1973.
- WEYKAMP, F. V. **Eventos extremos de precipitação no sul/sudeste da América do Sul associados a jatos de baixos níveis**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- YASUNARI, T. Stationary waves in Southern Hemisphere mid-latitude zone revealed from average brightness charts. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, v. 55, p.274-285,1977.