



O CLIMA NA BACIA DO RIO PARANAPANEMA

MARIA ALICE BORGES BATISTA¹
JONAS TEIXERA NERY²

Resumo: Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o clima na bacia do rio Paranapanema para compreender o regime pluvial da região de estudo, assim como sua variabilidade. Os estudos da variabilidade climática possibilitam um profundo conhecimento sobre as dinâmicas climáticas globais que atuam em escala regional e suas interações. Para o presente trabalho foram utilizadas ferramentas estatísticas como o R e softwares como o programa Surfer. Os resultados foram bastante interessantes mostrando que o padrão pluviométrico da região é influenciado por dinâmicas externas em varias épocas do ano.

Palavras chave: clima, precipitação, variabilidade climática

Abstract: This work was carried out to evaluate the climate in the Paranapanema River basin to understand the rainfall patterns of the study area, as well as their variability. Studies of climate variability enables a deep understanding of global climate dynamics that operate on a regional scale and their interactions. For this paper statistical tools like R and software such as Surfer program were used. The results were quite interesting showing that the rainfall pattern of the region is influenced by external dynamics at various times of the year.

Key words: climate, rainfall, climate variability

1 – Introdução

Nenhum fenômeno da natureza pode ser entendido separadamente. Todos os acontecimentos, principalmente aqueles que dizem respeito ao clima, para serem entendidos precisam ser vistos em conjunto com as condições circunvizinhas, suas interações e processos de troca. Não pode haver entendimento do clima sem que haja o conhecimento profundo das dinâmicas da atmosfera (NIMER, 1989).

A atmosfera é uma importante componente do planeta Terra. É nela onde ocorre o clima movido pela ação da energia emitida pelo Sol. Há uma intensa interação entre o ar e os outros compartimentos do sistema o que dinamiza a parte externa do planeta, assim como determina a distribuição, natureza e evolução da biosfera. (OLIVEIRA, CORDANI e FAIRCHILD, 2009).

O clima é responsável pela precipitação pluvial. Precipitação pluvial é toda a água que atinge a superfície do globo, proveniente da condensação do vapor de água da

¹ Acadêmica do programa de pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). E-mail de contato: alicibatista@ige.unicamp.br

² Docente do programa de pós-graduação da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). E-mail de contato: jonas@ourinhos.unesp.br



atmosfera. É, portanto, uma fase do ciclo hidrológico que responde pelo retorno das águas condensadas na atmosfera à superfície da terra. É a chamada chuva que se inicia quando o vapor de água presente na atmosfera é condensado formando as nuvens, que precipitam se houver condições meteorológicas favoráveis para tanto. Esse fenômeno, considerado aleatório no tempo e no espaço, provém das intervenções de fatores climáticos, característicos das diferentes regiões (SALGUEIRO, 2005).

O regime hidrológico de uma região é determinado pelas suas características físicas, geológicas, topográficas e climatológicas. Como se sabe, o clima é resultado das características da atmosfera resultantes de observações contínuas durante um longo período, como por exemplo, uma normal climatológica, cujo tempo de observação é de 30 anos (INMET, 2003).

Dentro do clima, fatores como precipitação e evaporação possuem papel importante no balanço hidrológico, mas sua formação é dependente da temperatura, da umidade e do vento. As condições topográficas influenciam o movimento atmosférico na superfície com o auxílio da gravidade, estimulando a precipitação em altitudes, através da ação desses fatores climáticos inclusive a variação da pressão atmosférica. A geologia além de influenciar a topografia, define o local de armazenamento das águas provenientes da precipitação, com uma parte reservada na superfície e outra nos aquíferos (SALGUEIRO, 2005).

O trabalho de Salgueiro (2005) apontou a ascensão do ar úmido como fundamental para a origem da precipitação e que essa ascensão acontece por diferentes mecanismos que originam precipitações diferentes que são as convectivas, as ciclônicas ou frontais e as orográficas. As precipitações convectivas são intensas e rápidas e abrangem pequenas áreas. As frontais atingem grandes áreas com intensidade média. As orográficas são menos intensas, porém bastante duráveis em pequenas áreas próximas às montanhas e elevações que impedem a passagem da umidade, servindo como forçante para a precipitação.

O motor de determinação de todas essas interações é a energia solar que atinge o planeta Terra com diferentes intensidades ao longo do ano e conforme a latitude, ou seja, quanto mais baixa a latitude maior a incidência de radiação solar, quanto mais alta a latitude menor a incidência da radiação solar, o que causa importantes variações climáticas.

Dias e Silva (2009) afirmam que essas características que definem as estações do ano dependem também de fatores adicionais como distância dos oceanos e a altitude de cada local. Então, latitude, continentalidade e altitude definem o clima de cada região, através de dois meios fluidos: água e ar. Os ventos definem a circulação atmosférica e as correntes marítimas a circulação oceânica. São estas circulações que se encarregam de



redistribuir o calor, (maior nas regiões equatoriais, que nas regiões polares, que possuem déficit de energia).

De acordo com Tucci (2002), o sistema de circulação da atmosfera é extremamente dinâmico e não-linear. Tal sistema cria condições de precipitação pelo resfriamento do ar úmido que forma as nuvens gerando precipitação na forma de chuva e neve (entre outros) sobre os mares e superfície terrestre.

Segundo Dias e Silva (2009), a circulação geral da atmosférica define as condições climáticas entre as diversas latitudes, mas existem diferenças que podem ser percebidas dentro de uma mesma latitude que são causadas por outros fatores, a saber: a proximidade ou afastamento do oceano que por sua capacidade térmica amortece as variações de temperatura diurnas por sua proximidade e pela quantidade de vapor de água que produz e a altitude que tende a temperaturas mais baixas. Proximidade dos oceanos e as diferentes altitudes produzem ventos locais chamados de brisa marítima-terrestre e brisa vale-montanha.

As chuvas são resultado da interação de uma série de eventos e definem o clima local a partir, inclusive, de outras interações ocorridas à distância as chamadas teleconexões que são o resultado de três processos: as ondas atmosféricas, a continuidade de massa e a mudança de fase da água. Ao chover há uma grande liberação de energia que ocorre pela mudança de estado da água ao evaporar, condensar e se liquefazer novamente. O calor latente gerado pela atividade convectiva tropical é a mais importante fonte de calor da atmosfera depois da energia solar, e gera ondas atmosféricas de escala planetária. Essa energia liberada em forma de calor aquece o ar que se torna mais leve e sobe formando nuvens. Como a Terra não perde massa para o espaço sideral o ar que sobe até determinado ponto tem que descer em algum outro lugar, ao descer o ar é comprimido e aquecido dando origem às inversões térmicas que inibem a formação de nuvens em determinadas áreas (DIAS e SILVA, 2009).

Quando muitas nuvens estão concentradas muita energia é liberada provocando grande aquecimento da atmosfera e conseqüente alteração da circulação dos ventos em superfície e em altitude. Em altitude, seu efeito é alterar as condições das ondas atmosféricas de escala planetária e estas provocam as teleconexões que são regiões de alta e baixa pressão, ramo ascendente e descendente da célula de Hadley, por exemplo. As regiões de alta pressão possuem ventos calmos e sem formação de nuvens e podem ser chamadas de anticiclones (DIAS e SILVA, 2009).

Como exemplos dessas interações no caso do Brasil estão a Amazônia e Nordeste. Na Amazônia, a grande quantidade de nuvens está associada às correntes de ar



ascendentes que descem em grande parte sobre o Nordeste, inibindo a formação local de nuvens. Na Amazônia, a umidade que vem do oceano Atlântico junto com a que é produzida pela própria floresta passa por vários ciclos de formação de nuvens e chuva, num processo de reciclagem que mantém o ar úmido no seu trajeto para o sul, paralelo a Cordilheira dos Andes. É o chamado Jato de Baixos Níveis (JBN) que conecta a bacia Amazônica com a bacia dos rios Paraná e Prata, atingindo a bacia do rio Paranapanema, dando origem a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

Atingem também a região da bacia do rio Paranapanema as frentes frias, ciclones que se formam localmente ou ciclones extratropicais que tem sua origem no oceano Atlântico e se deslocam pela região Sul chegando até os estados do Paraná e São Paulo. Os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) também se fazem presentes, influenciando as chuvas na região de estudo. Eles são aglomerados de tempestades que se auto-organizam em sistemas que se movimentam por diversas horas, provocando chuvas intensas e ventos fortes (DIAS e SILVA, 2009).

Tem-se, então que os principais sistemas atuantes que controlam os regimes de pluviosidade na bacia do rio Paranapanema são os sistemas Polares, Tropical Atlântico, Equatorial, as Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), zonas de ocorrência de umidade, complexos ou sistemas convectivos de mesoescala e linhas de instabilidade. Há também a ocorrência de El Niño/Oscilação Sul (ENOS), que podem intensificar positiva ou negativamente o regime de chuvas na bacia (NERY, 2005).

O fenômeno natural de escala global que provoca alterações no clima no mundo inteiro é o El Niño/Oscilação Sul (ENOS). O ENOS é um fenômeno de grande escala composto por uma componente oceânica que é o aquecimento ou resfriamento das águas no Oceano Pacífico Tropical e outra atmosférica que é a alteração da circulação atmosférica e deslocamento da região de máxima atividade convectiva. Na fase quente do ENOS (El Niño) o deslocamento da região de máxima atividade convectiva se dá do Pacífico Oeste para o Pacífico Central, e na fase fria (La Niña) este deslocamento é para oeste. Todos esses fenômenos climáticos contribuem para a ocorrência de variabilidades importantes na bacia do rio Paranapanema que podem ser comprovadas no decorrer das exposições apresentadas neste trabalho.

2 – Discussão

A bacia do Rio Paranapanema abrange municípios de dois importantes estados brasileiros que são: São Paulo e Paraná. Segundo dados da Agência Nacional de Águas (ANA) (Figura 01), sua área de abrangência abriga uma população total de



aproximadamente cinco milhões de habitantes. Deste total a maioria reside a norte do rio na área que pertence ao estado de São Paulo.

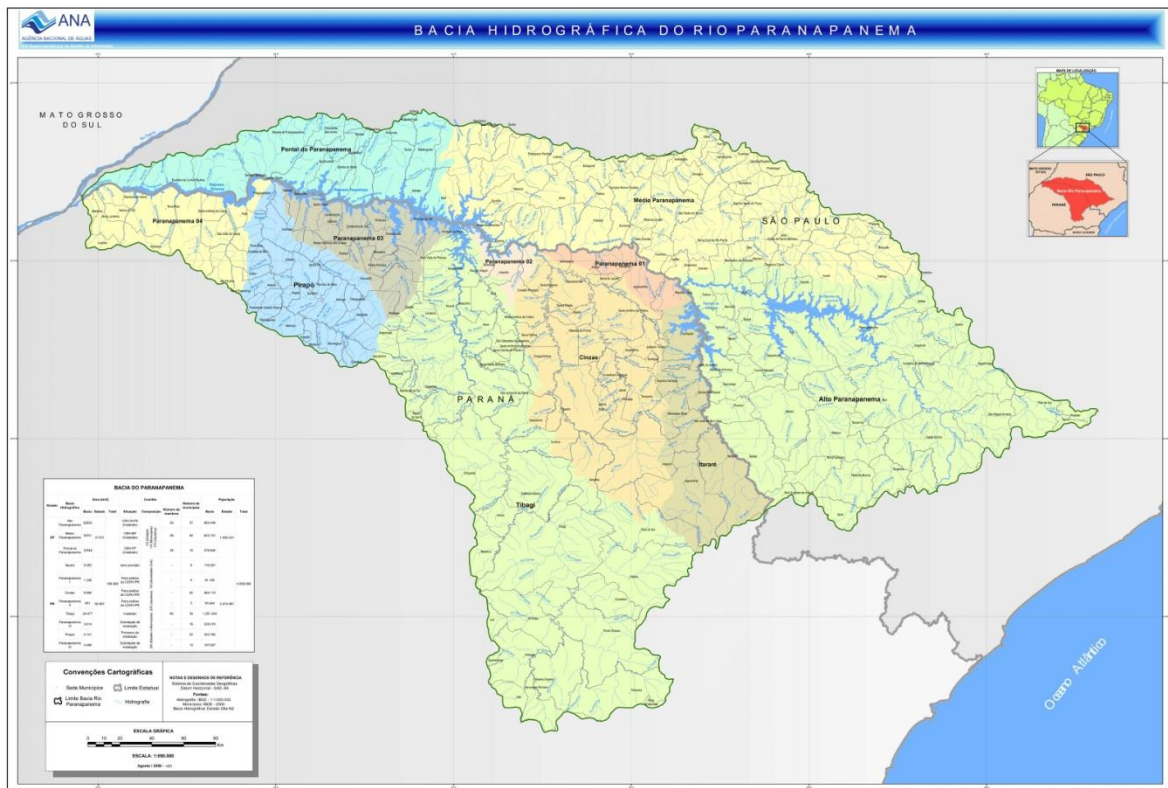


Figura 01 - Mapa da localização bacia hidrográfica do rio Parapanema.
Fonte: Agencia Nacional de Águas.

A caracterização climática da bacia do Parapanema, segundo a classificação de Strahler, se enquadra no grupo dos climas controlados pelas massas de ar tropical e polar em permanente interação. Está inserida no II Grupo e no subgrupo do clima Subtropical Úmido das costas ocidentais e subtropicais, dominadas largamente pela massa tropical marítima.

Segundo Nimer (1989), no verão as frentes frias avançam até o trópico e se dissipam. Isso se dá devido à influência da Baixa do Chaco que forma uma frente quente gerando instabilidade na região Sul, atingindo, inclusive, a bacia do rio Parapanema. Nessa época ainda não se sabia da importância da umidade vinda da região da Amazônia para a manutenção das chuvas na região Sudeste e Sul do Brasil. No inverno as frentes frias ganham força e avançam Brasil adentro, pois a Baixa do Chaco está enfraquecida. Há queda de temperatura na região da bacia do Parapanema e as precipitações pluviométricas também diminuem.

A área de estudo sofre a influência de diversas massas de ar, ao longo do ano, tendo um clima complexo, ainda mais, por possuir uma localização geográfica continental e estar



próximo ao Trópico de Capricórnio que agrega a essa complexidade uma dinâmica bem diferenciada.

A combinação dessas características físico-naturais, como topografia suave, solos férteis e clima com temperaturas amenas e precipitação regular, contribuíram para o desenvolvimento de muitas atividades econômicas tais como agropecuária: pastagens e plantações principalmente e indústria.

Os municípios mais importantes são Assis, Marília, Ourinhos, Avaré, Botucatu e Itapetininga em São Paulo. Apucarana, Londrina, Cornélio Procópio, Ponta Grossa, Bandeirantes, Santo Antônio da Platina e Maringá no Paraná. Esses municípios fazem parte de uma região dinâmica que possui desde um complexo agroindustrial moderno com a cana de açúcar e suas usinas e é uma das regiões de maior produção de grãos do Brasil, principalmente milho. Possui diversas atividades industriais no ramo alimentício e de calçados e vestuário.

Toda essa exploração dos recursos naturais nem sempre foi planejada para a preservação dos recursos naturais o que torna essa área bastante degradada. O desmatamento e o plantio com técnicas não muito adequadas, como a queima da cana-de-açúcar antes de ser colhida, deixam o solo exposto e suscetível a erosão, que, por sua vez influencia no escoamento dos rios, prejudicando o abastecimento das populações.

São três as unidades do relevo brasileiro onde se situa a bacia do Paranapanema: o Planalto Atlântico, a Depressão Periférica e o Planalto Arenítico Basáltico Ocidental. Sua nascente se situa próximo ao litoral do estado de São Paulo na Serra do Paranapiacaba. O rio percorre 930 km em direção ao interior até sua foz no rio Paraná.

Foram utilizados dados das séries de precipitação da Agência Nacional de Água (ANA) colhidos do site *HIDROWEB* dos postos pluviométricos localizados dentro da área de estudo e, inclusive, alguns do entorno.

Através dos dados dos postos pluviométricos, foi analisada a distribuição espacial e temporal das séries climatológicas, durante o período de estudo para a avaliação da variabilidade pluviométrica da bacia. Deve-se ressaltar que se entende por variabilidade climática é a maneira pela qual os parâmetros climáticos, no caso a precipitação pluviométrica, variam no interior de um determinado período de registro.

Como as informações obtidas nos postos pluviométricos geralmente possuem erros de leitura, transcrição e digitação, acumulação diária, defasagem nos horários de leituras, omissão de informações, fez-se necessário a depuração destes erros e o preenchimento das falhas. É comum que as séries climatológicas tenham problemas decorrentes do armazenamento das informações, tais como informações perdidas por erros humanos,



falhas de equipamentos, falta de calibração, entre outros. Tais problemas podem ser resolvidos a partir da continuidade espacial dos valores observados ou de fatores climáticos relacionados ao fator que se pretende preencher. É a chamada predição espacial à qual existe a necessidade de conhecer a posição espacial das estações de monitoramento a serem trabalhadas (Nery, 2013).

As falhas das séries pluviométricas foram preenchidas utilizando o ambiente R. Os dados diários foram transformados em dados mensais que, por sua vez, foram transformados em médias pluviométricas de cada ano (\bar{x}), seguidas do desvio padrão (s) e do coeficiente de variação (CV).

Para Back (2001), identificar alterações nos registros meteorológicos é de extrema importância para os estudos de engenharia ou o gerenciamento dos recursos hídricos, por exemplo, que utilizam as séries históricas, pois tanto as simulações como as aplicações de teorias de probabilidade são realizadas com a hipótese de que as séries históricas são homogêneas, o que significa que não apresentam tendências. A tendência climática refere-se ao aumento ou diminuição lenta dos valores médios ao longo da série de dados de, no mínimo três décadas. Uma série é considerada homogênea quando os dados vêm da mesma população e assim não há alteração nos parâmetros.

3 – Resultados

Sendo a porção sul da bacia do rio Paranapanema localizada abaixo do Trópico de Capricórnio, na parte mais meridional do país, entende-se que o volume de chuvas seja maior devido à forte influência das massas de ar que ocorrem durante o ano todo, juntamente com a topografia mais elevada o que confere a essa área as maiores altitudes do relevo da região de estudo.

Em uma escala regional, um dos fatores que influenciam a precipitação pluvial é a orografia. As Figuras 02 e 03, mostram as altitudes da bacia do rio Paranapanema. Nelas pode-se observar que as porções mais ao sul e sudeste da bacia apresentam as altitudes mais elevadas.

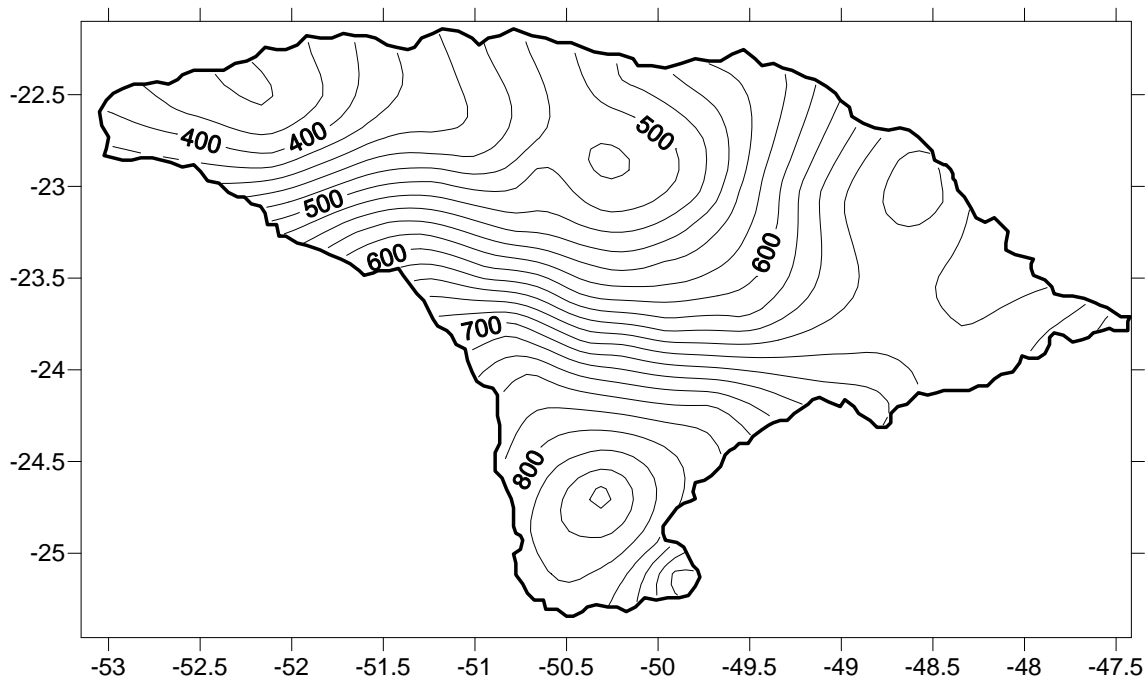


Figura 02 – Altitudes da bacia do rio Paranapanema.

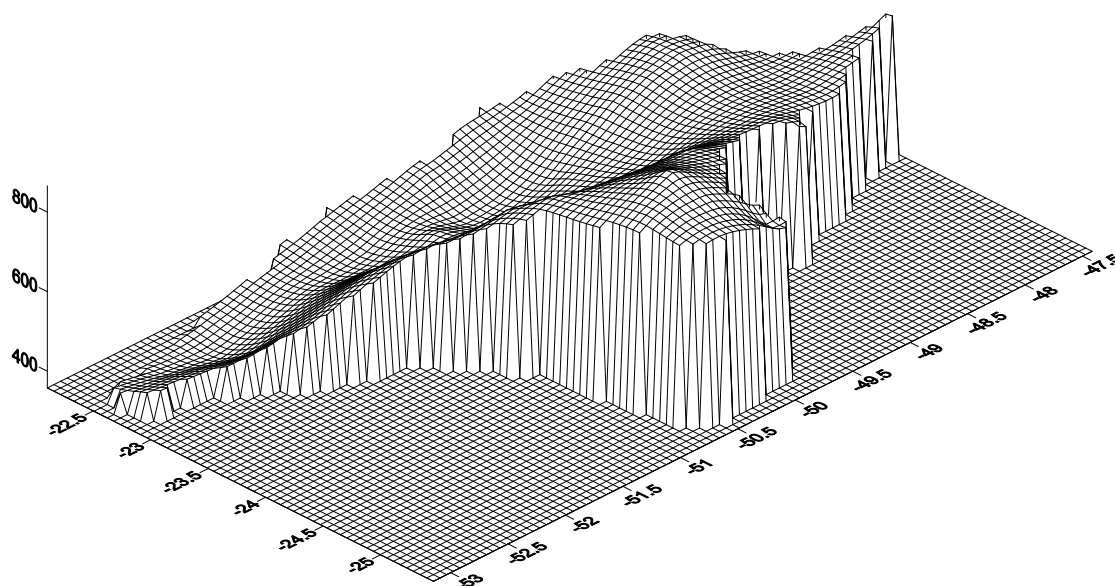


Figura 03 – Altitudes da bacia do rio Paranapanema em modelo 3D.

Chuvvas orográficas, combinadas com a entrada de sistemas frontais provenientes da região polar durante todo o ano concomitantemente com os sistemas convectivos vindos da região da Amazônia fornecem marcada umidade para a área, tendo o relevo mais elevado como forçante de chuvas na região de estudo (Nery, Carfan e Parizotto, 2009).



As dinâmicas climáticas de toda a bacia estão relacionadas aos sistemas atuantes e aos elementos geográficos como relevo, latitude, altitude, maritimidade ou continentalidade que são fatores que podem ser considerados estáveis, fixos e não mutáveis a não ser em períodos geológicos longos. Eles são apenas uma parte do que pode explicar o clima local.

Além dos fatores chamados geográficos existem os fenômenos dinâmicos que atuam na bacia como: massas de ar, frentes, ciclones e anticiclones. Estas são dinâmicas da circulação atmosférica que aliados aos fatores geográficos dão a tônica das explicações das variações climáticas que ocorrem na bacia. Juntos fatores geográficos e a circulação da atmosfera caracterizam os sistemas que ocorrem na área.

A bacia do rio Paranapanema passa por uma dinâmica climática própria com o encontro entre um sistema de circulação perturbada de Sul (frentes polares) e um sistema de circulação perturbada de Oeste (instabilidade tropical), (Nimer, 1989).

As isolinhas de precipitação pluviométricas apresentadas na Figura 4 apresentam médias que variam entre 1.400 e 1.500 mm, tendo 1.400 mm ao norte e 1.500 mm ao sul sudoeste da bacia. Pode-se notar, portanto que as maiores precipitações médias estão ao sul sudoeste da região, mas há uma baixa amplitude pluviométrica para o período de estudo, 1976 a 2010, 34 anos no total.

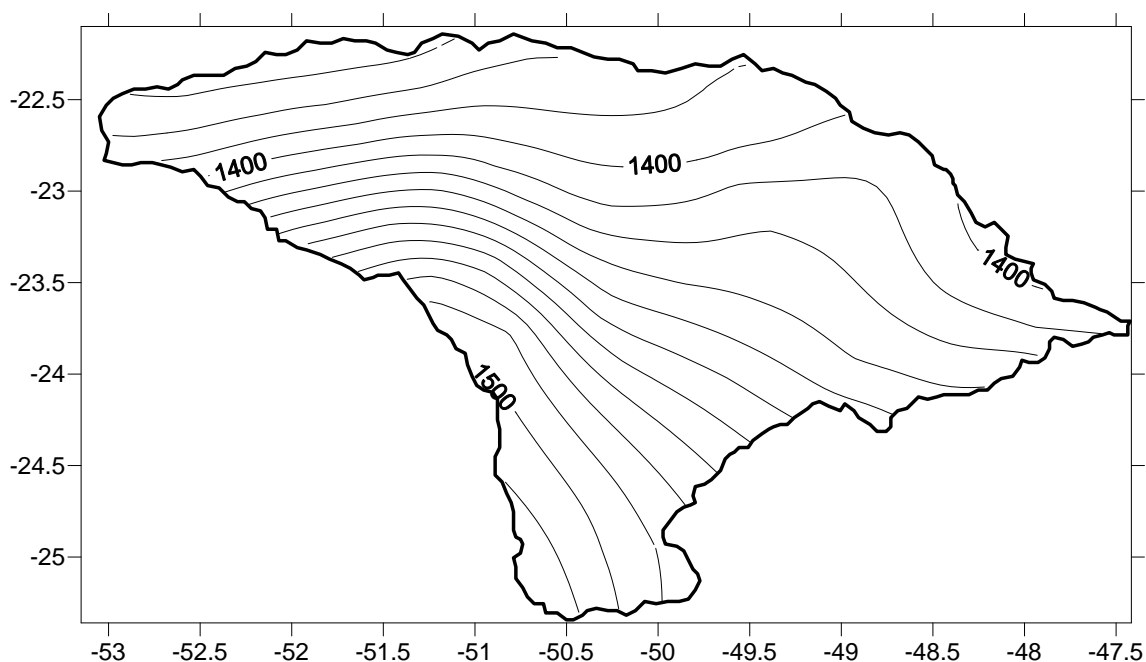


Figura 04 – Isolinhas das médias de precipitação para o período de 1976 a 2010.

As massas polares adentram a região tanto nos períodos chuvosos (verão) quanto nos períodos secos (inverno), sendo mais intensas no inverno. O sul da bacia é a “porta” de entrada desses sistemas e a mesma está sob constante influência destes. Entretanto, nos



verões, época das chuvas mais intensas na região, há o aporte de umidade proveniente da Amazônia, além disso, a bacia também está exposta a influência de massas tropicais continentais, originárias da região do Chaco boliviano, a chamada Baixa do Chaco.

A essa entrada de umidade proveniente da Amazônia, dá-se o nome de Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) ou Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Elas são mais atuantes de outubro a março, provocando chuvas intensas em toda a região Sudeste e Sul do Brasil, onde se localiza a bacia do rio Paranapanema. Sua origem é a deflexão dos ventos alísios, tanto de sudeste quanto de nordeste do continente sul americano, que são forçados a mudar de sentido devido à força de Coriolis e, a seguir, a influência das montanhas da cadeia dos Andes cria uma barreira natural que deflete estes ventos em direção ao continente da América do Sul. Também a presença da Alta da Bolívia e dos Jatos em Baixos Níveis (JBN), que carregam a umidade produzida pela floresta amazônica até a região mais meridional do país, tem papel importante nessa dinâmica de transporte de umidade para a região Sudeste (bacia do Paranapanema).

Quando as massas polares se encontram com a umidade da Amazônia ocorrem chuvas intensas, com duração de vários dias, sobre a bacia. Por ser mais quente, esse ar úmido amazônico, quando se encontra com frente fria se eleva gerando as precipitações pluviais importantes, por sua quantidade e se combinadas a outros sistemas pode levar a ocorrência de eventos extremos, tais como as enchentes ocorridas em Santa Catarina no ano de 2008 e as ocorridas na cidade de São Luiz do Paraitinga, no vale do rio Paraíba, interior do estado de São Paulo, no ano de 2010. Nos períodos secos as chuvas são mais estratiformes, por não receberem o reforço da umidade vinda da região Norte. São chuvas geradas a partir da atuação das frentes frias.

De acordo com Grimm (2009), a precipitação é o mais importante parâmetro climático que pode ser abordado do ponto de vista da variabilidade interanual. A principal fonte de variabilidade interanual global é o fenômeno El Niño/Oscilação Sul (ENOS), que, como já descrito, é uma oscilação acoplada do oceano/atmosfera, que produz alterações na Temperatura da Superfície do Mar (TSM), na pressão, no vento e na convecção tropical, principalmente no oceano Pacífico, mas com reflexos em muitos lugares do planeta, incluindo o Brasil e a bacia do rio Paranapanema.

Diante desses eventos, durante o El Niño a bacia do rio Paranapanema é atingida por fortes chuvas e durante o La Niña o que predomina são chuvas abaixo da média climatológica.



4 – Conclusões

A bacia do rio Paranapanema é fortemente influenciada pelas dinâmicas globais. Há certa uniformidade nas precipitações médias em toda área da bacia tal qual a região Sudeste de que ela faz parte sendo que na primavera e verão, de acordo com os estudos de Nery (2013), a convecção tropical da Amazônia, canaliza energia e vapor de água sobre essa região provocando as chuvas convectivas, de marcada variabilidade e no inverno os sistemas frontais é que atuam com predominância, provocando chuvas contínuas chamadas estratiformes. São esses dois regimes junto com o aquecimento local que no verão dão base para a explicação da variabilidade pluviométrica dessa região.

Um dos fatores que influenciam as chuvas é a orografia. As altitudes são maiores na porção leste da bacia, assim como já descrito para os estudos de médias e totais de precipitação pluviométrica para o período estudado de 30 anos. As chuvas orográficas são combinadas com a entrada de sistemas frontais provenientes da região polar durante todo o ano e com os sistemas convectivos, na primavera e verão, trazendo umidade da Amazônia para a região Sul e Sudeste e aportando umidade para essa bacia.

5 - Referências Bibliográficas

BACK, Á. J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. **Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI)**, Estação Experimental de Urussanga, Brasília, v. 36, n. 5, p. 717-726, maio 2001.

DIAS, M. A. F. da S.; SILVA, M. G. A. J. da; Para entender tempo e clima. In: CAVALCANTI, I. F. A. *et al.* (orgs.) **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**, Disponível on-line em: <http://www.inmet.gov.br>. 2003.

NERY, J. T. **Análise da variabilidade da precipitação pluvial no Brasil e suas regiões**. 2013.

NERY, J. T. Dinâmica Climática da região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**. Presidente Prudente, v. 1, n. 1, p. 61-75, jan. 2005.

NERY, J. T.; CARFAN, A. C.; PARIZOTTO, T. M. Análise da precipitação pluvial na bacia do Paranapanema. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 05, p. 103-118, 2009.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. Ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

OLIVEIRA, S. M. O.; CORDANI, U. G.; FAIRCHILD, T. R. Atmosfera, clima e mudanças climáticas. In: TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M.; TAIOLI, F. (orgs.) **Decifrando a terra**. Companhia Editora Nacional, 2. ed. São Paulo, 2009. p. 108-127.



SALGUEIRO, J. H. P. de B. **Avaliação de rede pluviométrica e análise de variabilidade espacial da precipitação: estudo de caso na Bacia do Rio Ipojuca em Pernambuco.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Engenharia Civil. Recife – PE, 2005.

TUCCI, C. E. M. Impacto da variabilidade climática e do uso do solo nos recursos hídricos. **Fórum brasileiro de mudanças climáticas.** ANA Agência Nacional de Águas. www.ana.gov.br. 2002.