

# ESTIMATIVA DA DEFICIÊNCIA E EXCEDENTE HÍDRICO ANUAL E SAZONAL NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO PARANAPANEMA III, IV E PIRAPÓ-PR

Juliana Fontini de SOUZA<sup>1</sup>

Hélio SILVEIRA<sup>2</sup>

## RESUMO

O Balanço Hídrico é uma etapa do ciclo hidrológico que tem por finalidade avaliar a disponibilidade dos recursos hídricos de uma região para planejamento e manejo desse recurso ou atender requisitos específicos da agronomia ou de ciências afins. O objetivo do presente trabalho foi calcular o excedente e a deficiência hídrica nas bacias hidrográficas do Paranapanema III, IV e do Pirapó, segundo o balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955), com o auxílio do aplicativo de computador desenvolvido por Sentelhas et al. (1999). Para isso foram levantados dados de temperatura e precipitação pluviométrica no período de 1976 a 2014. Os dados de temperaturas entre 1976 a 2010 foram obtidos do banco de dados da UDEL (University of Delaware) Air Temperatura and Precipitation. Disponível em: [http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.UDel\\_AirT\\_Precip.html](http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.UDel_AirT_Precip.html), e entre 2011 a 2014, as temperaturas foram adquiridas de cinco estações meteorológicas pertencentes ao Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), e para os postos pluviométricos pertencentes ao Instituto das Águas do Paraná que não apresentavam temperaturas, realizaram-se as estimativas segundo a metodologia de Ometto (1981). Aplicou-se o balanço hídrico para as escalas anuais e sazonais. Os resultados dos excedentes e das deficiências hídricas foram apresentados por meio de mapas elaborados no programa ArcGis 10.2. Eles mostraram que a distribuição das chuvas está fortemente condicionada a dinâmica atmosférica regional e configuração do relevo, ou seja, as áreas que receberam mais chuvas registraram maiores excedentes hídricos e encontram-se nas maiores cotas altimétricas. As áreas que possuem as menores cotas altimétricas receberam menores volumes e por isso estão mais sujeitas a risco de seca, apresentando os maiores valores de déficits, e esse comportamento se aplicou para todos os anos e para todas as escalas de análise.

**Palavras chave:** Balanço hídrico. Bacia hidrográfica. Deficiência e excedente.

---

<sup>1</sup> Licenciada em Geografia pela Faculdade Estadual do Paraná (UNESPAR). Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da UEM.

<sup>2</sup> Licenciado e Bacharel em Geografia pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Mestre em Geografia e Doutor em Geociências pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Docente do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UEM.

## ESTIMATE OF DISABILITY AND OVER WATER ANNUAL AND SEASONAL IN RIVER BASIN OF PARANAPANEMA III, IV AND PIRAPÓ-PR

### ABSTRACT

The water balance is a stage of the water cycle that aims to assess the availability of water resources in a region for planning and management of this resource or meet specific requirements of agronomy or related sciences. The aim of the actual work was to calculate the hydro surplus and deficiency at watersheds of Paranapanema III, IV, and Pirapó, according to Thornthwaite and Mather's hydric balance, with the aid of a computer application developed by Sentelhas et al. (1999). Data of temperature and rainfall between 1976 to 2014, were collected. Temperature data from 1976 to 2010 were collected from UDEL (University of Delaware) database's Air Temperature and Precipitation, available at: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.UDel> and from 2011 to 2014, the temperatures were collected from five weather stations belonging to: Agronomic Institute of Paraná (IAPAR), National Institute of Meteorology (INMET) and Paraná Meteorological System (SIMEPAR). At the rainfall stations that were not possible to collect the temperature data, evaluations were done according to Ometto's methodology (1981). The rainfall data were collected at the Institute of Paraná Waters. The hydric balance was applied to the annual, seasonal scales to all historic series of 1976 to 2014. The results of the hydric surplus and deficiency were presented using maps elaborated by the computer program ArcGis 10.2. They show that rainfall distribution is strongly attached conditioned to the dynamic regional atmospheric and the relief form, in other words, the areas that received more rain registers the biggest hydric surplus and the areas that have the smallest altimetry quotas receive the smallest volumes, therefore subjected to dry risk, presenting biggest values of deficits, and this behavior applies to all years and for all scales of analysis.

**Key words:** Hydric balance. Watersheds. Deficiency and excess.

## 1 INTRODUÇÃO

O clima é um componente muito importante para o desenvolvimento das diversas atividades humanas, pois ele representa um dos recursos fundamentais para o planejamento da distribuição espacial e temporal destas atividades, principalmente as agrícolas.

Conhecer a dinâmica desses recursos pode servir de base para o planejamento de muitas ações que visam à melhoria da qualidade de vida da população da área de estudo, que compreende as bacias hidrográficas do Paranapanema III e IV e do Pirapó. Elas caracterizam-se como um dos pólos agropecuários e industriais do Estado do Paraná, destacando na produção de soja e milho, além de manter grandes áreas de cultivos de cana-de-açúcar no estado.

A agricultura, de modo geral, é dependente de uma série de elementos, dentre os quais, a chuva e a temperatura do ar são os elementos climáticos mais importantes para desenvolvimento e crescimento vegetal. Tremocoldi e Brunin (2008) destacam que a água é fundamental na produção vegetal, pois a falta ou o excesso afetam de maneira decisiva o desenvolvimento das plantas. Estes pesquisadores complementam que o seu manejo racional é um fator fundamental na maximização da produtividade agrícola e na minimização de problemas como erosão, percolação e poluição da água subterrânea.

Porém, outro fator importante para a produção agrícola é que nem todas as áreas são adequadas para o plantio de determinada cultura, portanto, a aplicação do balanço hídrico pode ajudar a mostrar quais as culturas que melhor se adaptam a uma determinada região.

Dessa forma, o balanço hídrico climatológico, de acordo com Pereira et al. (1997), é uma das várias maneiras de se monitorar a variação do armazenamento de água no solo. A partir do suprimento de água, via precipitação ou irrigação, e da capacidade de água disponível, quantidade que o solo armazena. Ele considera estimativas da evapotranspiração real, da deficiência, do excedente hídrico e do armazenamento de água no solo, por isso é um indicador climatológico da disponibilidade hídrica em uma região. Através dos dados do balanço hídrico é possível conhecer a ocorrência dos excedentes e das deficiências da água no solo mensalmente ou decendialmente, caracterizando períodos de maior ou menor umidade. Sendo assim, a análise dos extratos do balanço hídrico climatológico é fundamental para o planejamento agrícola, e para o gerenciamento de todas as atividades econômicas e ambientais das bacias hidrográficas.

Portanto, identificar os períodos de excedente e de deficiência hídrica, dentro de uma bacia hidrográfica, é fundamental para se gerenciar o uso de suas águas. O balanço hídrico permite não somente identificar esses períodos, como também, avaliar quais são os efeitos

quantitativos e qualitativos dessas deficiências hídricas. Alfonsi (2000) complementa que o método do balanço hídrico pode constituir como um bom indicador das potencialidades climáticas regionais, de grande valia na regionalização de culturas visando ao máximo o aproveitamento das mesmas. Esses conhecimentos mostram-se muito importantes, pois potencializa o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida.

Para esta pesquisa foi realizado o balanço hídrico para a série histórica de 1976 a 2014, com o propósito de identificar os excedentes e a deficiência hídrica nas bacias hidrográficas do Paranapanema III e IV e do Pirapó, segundo o balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955), com o auxílio do aplicativo de computador desenvolvido por Sentelhas et al. (1999).

Os resultados dos excedentes e das deficiências hídricas foram apresentados em mapas produzidos e especializados por meio do programa ArcGis 10.2, Softwares específico para a elaboração de mapas temáticos.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

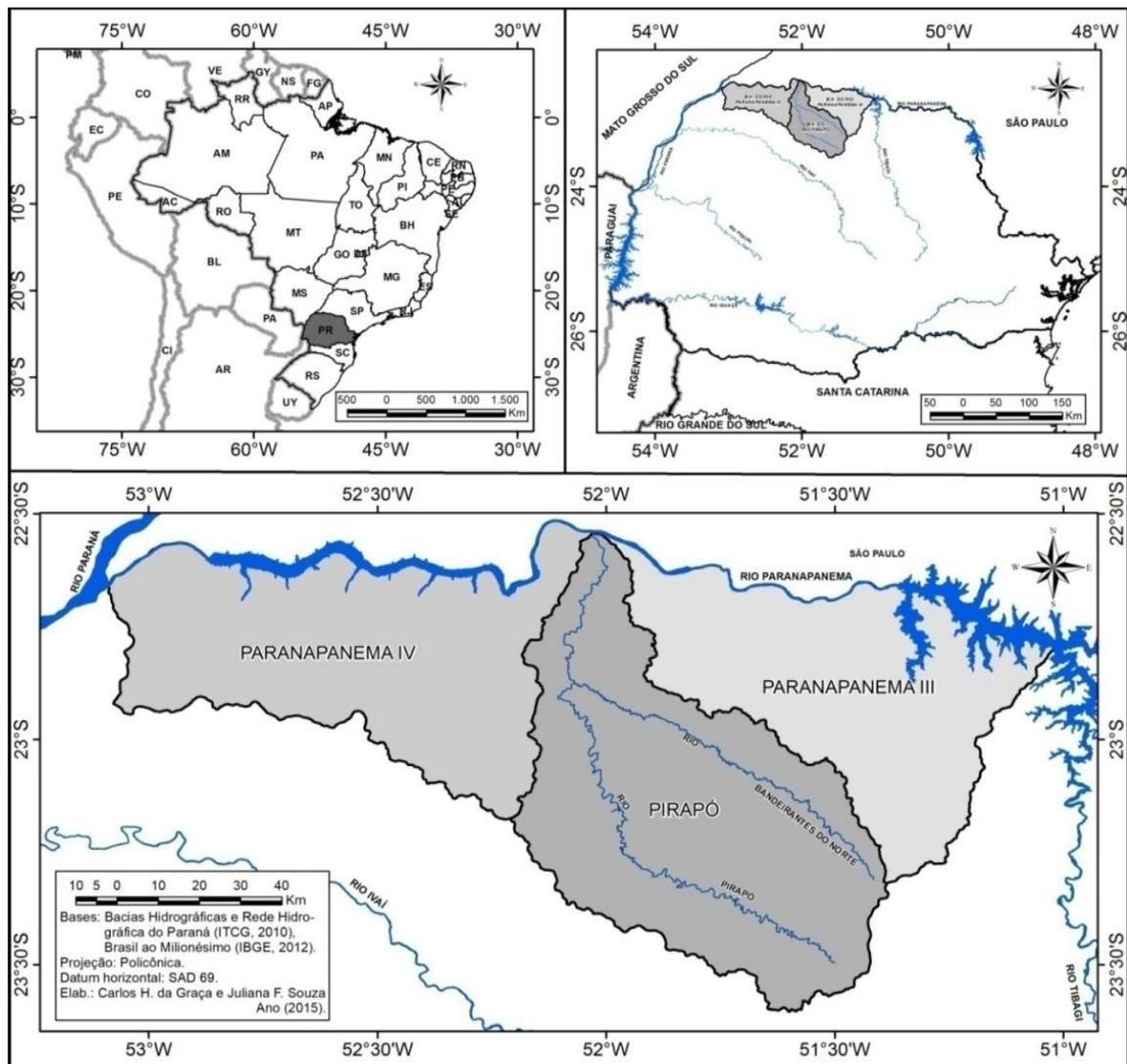
A área de estudo está inserida na região Sul do Brasil e no Estado do Paraná e compõe a grande bacia hidrográfica do rio Paraná. Compreendem especificamente as bacias hidrográficas do Pirapó, Paranapanema III e Paranapanema IV, que se localizam entre as latitudes 22°30' S e 23°30' S e as longitudes de 51°00' W e 53°00' W, abrangendo as regiões Norte e Noroeste do Estado (Figura 1). É uma unidade de gestão de recursos hídricos denominada de Piraponema, cujo Comitê de Gestão foi instituído pelo Decreto nº 2.245/08, aprovado pelo CERH em 25 de fevereiro de 2008 – Resolução 055 (INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ, 2011).

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram utilizados os dados da série histórica de 1976 a 2014. Os dados de precipitação foram obtidos junto aos postos pluviométricos do Instituto das Águas do Paraná e nas estações meteorológicas de Bela Vista do Paraíso, Londrina e Paranaíba, pertencentes à rede do IAPAR (Instituto Agrônomo do Paraná), Maringá, a rede do INMET- Instituto Nacional de Meteorologia, e Apucarana, pertence à rede do SIMEPAR - Sistema Meteorológico do Paraná.

Como os postos pluviométricos da rede do Instituto das Águas do Paraná não apresentam dados de temperaturas, eles foram obtidos da UDEL (University of Delaware) Air Temperatura and Precipitation. Disponível em:

<[http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.UDel\\_AirT\\_Precip.html](http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.UDel_AirT_Precip.html)>. Acesso em 12 de  
Geoiingá: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia Maringá, v. 8, n. 1, p. 3-22, 2016  
ISSN 2175-862X (on-line)

maio de 2014, que é um banco de dados da UDE'L-University of Delaware (2014). Esse arquivo digital contém as temperaturas médias mensais de todo o planeta, em formato de grade regular de  $0,5^\circ$  de latitude por  $0,5^\circ$  de longitude, do ano de 1900 até o ano de 2010. Para este trabalho foram selecionados apenas os dados do retângulo circunscrito na região de estudo (latitudes variando entre  $22^\circ30'S$  e  $23^\circ30'S$  e longitudes variando entre  $51^\circ00'W$  e  $53^\circ00'W$ ).



**Figura 1** - Mapa de localização da unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV - PR

Esse procedimento foi aplicado até o ano de 2010, a partir desse ano, pela inexistência dessas informações, foram coletados dados dos anos de 2011, 2012, 2013, 2014 de cinco estações meteorológicas: Bela Vista do Paraíso, Londrina e Paranavaí, pertencentes a rede do IAPAR - Instituto Agrônomo do Paraná, Maringá, da rede do INMET- Instituto Nacional de Meteorologia, e Apucarana, da Rede do SIMEPAR - Sistema Meteorológico do Paraná. De posse desses dados aplicou-se a metodologia de Ometto (1981) que considera uma variação de

0,65°C para cada 100 metros de altitude para os postos mais próximos das estações com condições topográficas semelhantes. Esse cálculo se baseia numa regra de três simples organizadas em planilhas do Excel Office 2007.

Para os preenchimentos de falhas dos dados foram utilizados os tratamentos estatísticos com o auxílio do programa Excel Office 2007. Esses dados faltantes foram preenchidos de acordo com o método de ponderação regional de Villela e Mattos (1975), tendo o cuidado de selecionar os postos com características de precipitação (mensal e anual) e altitudes semelhantes.

Para isso, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$P_x = \frac{\overline{P_x}}{3} \left( \frac{P_a}{\overline{P_a}} + \frac{P_b}{\overline{P_b}} + \frac{P_c}{\overline{P_c}} \right)$$

Onde:

O x é o posto pluviométrico ou estação meteorológica com dados pluviométricos faltantes;  $P_x$  é a precipitação do mês faltante;  $\overline{P_x}$  é a precipitação média mensal da estação x;  $P_a$ ,  $P_b$ ,  $P_c$ , são as precipitações mensais reais dos postos pluviométricos selecionados para o preenchimento;  $\overline{P_a}$ ,  $\overline{P_b}$ ,  $\overline{P_c}$ , são as precipitações médias mensais destes mesmos postos.

O balanço hídrico foi calculado de acordo com a proposta metodológica de Thornthwaite e Mather (1955), com o auxílio do aplicativo de computador desenvolvido por Sentelhas et al. (1999), considerando a capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm.

Foram utilizados os dados de temperatura e precipitação do período de 1976 a 2014 para calcular o balanço hídrico para a série histórica nas escalas anual, sazonal (foi considerado o ano civil, janeiro, fevereiro e março, como verão; abril, maio e junho como outono; julho, agosto e setembro como inverno; e outubro, novembro e dezembro a primavera). Nesta etapa, foram descartados os postos de coletas que se localizavam fora do limite da bacia hidrográfica.

Os produtos cartográficos foram elaborados utilizando os aplicativos ArcGis 10.2. Após essa etapa, os mapas foram finalizados utilizando o aplicativo Corel Draw versão X7. As bases cartográficas utilizadas foram das bacias hidrográficas do Paraná (ITCG, 2012) com as projeções Universais Transversa de Mercator (UTM) e o Datum SAD 69, zona 22 sul. Para a interpolação dos dados foi utilizado o programa Surfer 9.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos estudos de disponibilidade de recursos hídricos, o balanço hídrico agrológico deve ser elaborado a intervalos de tempo anual ou estacional considerando-se que o processo de movimento de água no solo representa um seguimento do ciclo hidrológico e que pode sofrer variações quantitativas segundo a variação da temperatura, da precipitação e das características pedológicas.

Lima et al. (1978) complementam que os solos que recebe os mesmos volumes de água da chuva numa mesma região climática e apresentar diferenças na disponibilidade hídricas são devidas as variações da capacidade que os solos apresentam de armazenar água, principalmente aqueles formados por materiais pedológicos muito distintos do ponto de vista químico, físico e mineralógico. O solo funciona como um reservatório de água, atendendo, durante períodos de estiagem, a demanda de água pelas plantas. De maneira geral esta disponibilidade de água depende do suprimento, decorrente das precipitações atmosféricas, e da demanda, resultante do processo de evapotranspiração e pela drenagem. Assim o aproveitamento de água armazenada pelo solo depende do comportamento dinâmico do sistema solo-planta-atmosfera.

Nunes et al. (2007) realizaram o zoneamento agroclimático para cultura do café (*Coffea arabica L.*) na bacia do rio Doce - MG através da geoespacialização, para identificação das regiões aptas, restritas e inaptas ao cultivo do café, utilizando as temperaturas e déficit hídrico para 50 estações meteorológicas instaladas na área da bacia e em bacias próximas. Para aquela região o Balanço Hídrico também foi segundo a metodologia propostas por Thornthwaite e Mather (1955). Foram identificadas regiões equivalentes aproximadamente a um terço da área da bacia (regiões centrais e leste) inaptas ao cultivo do café, devido à ocorrência de um déficit hídrico maior que 150 mm e altas temperaturas ( $> 23^{\circ}\text{C}$ ), e aproximadamente dois terços da área da bacia, localizada na parte mais alta, é apta ao cultivo ou possui alguma restrição térmica ou hídrica que pode eventualmente ser corrigida.

Estudos realizados por Ortolani et al. (1970) apresentaram dados que estabeleceram parâmetros climáticos para o cultivo do café nos estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná e São Paulo, considerando as condições normais de balanço hídrico e de temperatura do ar. Os autores constataram que para a região de Franca, em São Paulo, apresenta tipo climático extremamente favorável à cafeicultura, concentrando excedentes hídricos (551 mm) de outubro a abril, apresentando condições adequadas de umidade durante o florescimento, frutificação e renovação foliar. Em Araçatuba - SP, embora as deficiências hídricas anuais não atinjam os 100 mm, existe grande possibilidade de seca nos meses de setembro, outubro e novembro, quando

as temperaturas médias já ultrapassam os 24°C. No Estado do Espírito Santo as disponibilidades hídricas se assemelham as áreas cafeeicultoras do Centro-Norte do Estado de São Paulo, com intensidade de seca anual superior a 200 mm, desde janeiro a outubro.

Segundo Ortolani et al. (1970), evidenciaram que nas localidades paranaenses a distribuição da umidade é mais uniforme, havendo maior equilíbrio entre evapotranspiração potencial e a precipitação. O mês de novembro, para Londrina-PR, mostra uma tendência de diminuição na precipitação, caracterizado como veranico. O regime pluviométrico nos meses de colheita e secagem do café, associada a elevada umidade do ar afeta desfavoravelmente a qualidade da bebida. Em Governador Valadares-MG, com precipitação pluvial anual de 953 mm e evapotranspiração potencial de 1224 mm, o balanço hídrico acusa grandes deficiências hídricas (272 mm), sem nenhum excedente de água, mesmo na estação chuvosa. Já Caratinga – MG apresenta duas estações bem típicas quanto a disponibilidade hídrica, ocorre períodos úmidos de outubro a março, com excedente anual de 289 mm, seguido de períodos secos com deficiência anual de 81 mm de abril a setembro.

Dentro da temática dos zoneamentos agroclimáticos, Farias et al. (2007) realizaram o zoneamento para a cultura da soja no estado do Paraná, onde apresentaram as áreas de alto risco de ocorrência de veranicos durante as fases mais críticas (épocas de semeaduras) da cultura da soja, áreas em que os riscos são medianos, e áreas de menores riscos de ocorrência de déficit hídricos de acordo com cada tipo de classes de solos estipuladas. Os períodos mais favoráveis não indicam necessariamente os períodos de semeadura para obtenção dos maiores rendimentos de grãos, mais sim aqueles em que há menor possibilidade de perdas por ocorrências de déficit hídrico. Além da disponibilidade hídrica, outros fatores devem ser considerados para avaliar a viabilidade da exploração desta cultura com sucesso numa dada região.

Para analisar a produtividade do trigo relacionado a pluviosidade na bacia do rio Pirapó, Borsato e Sant'Anna Neto (2002) utilizaram-se do balanço hídrico Thornthwaite e Mather, (1955) e puderam observar que o elevado volume de chuvas registrados nos períodos de manifestação do El Niño (1997/1998), de maneira geral não foi a causa exclusiva da quebra de safras, exceto nas safras de 1997/1998 em que o excesso de chuvas durante os meses de colheitas prejudicou o rendimento e a qualidade. Por outro lado, constataram que nos meses de janeiro, fevereiro, junho e dezembro de 1997 e fevereiro, março e abril de 1998 foram os meses que registraram os maiores volumes de chuvas, e nos períodos que por meio do balanço hídrico se verificou a falta de água, ocasionou a quebra da produtividade das safras de 1995/1996 e 1996/1997. Porém, observaram que a causa da baixa produtividade ou a quebra de safra foi atribuída à falta de chuva nos meses de março, abril, julho e agosto, períodos de germinação,

floração e enchimento de grãos. Nestas fases é importante que não ocorra déficits hídricos, no entanto, os balanços de água no solo acusaram déficit para esse período, embora não seja a única causa que possa ter contribuído para quebra de safra.

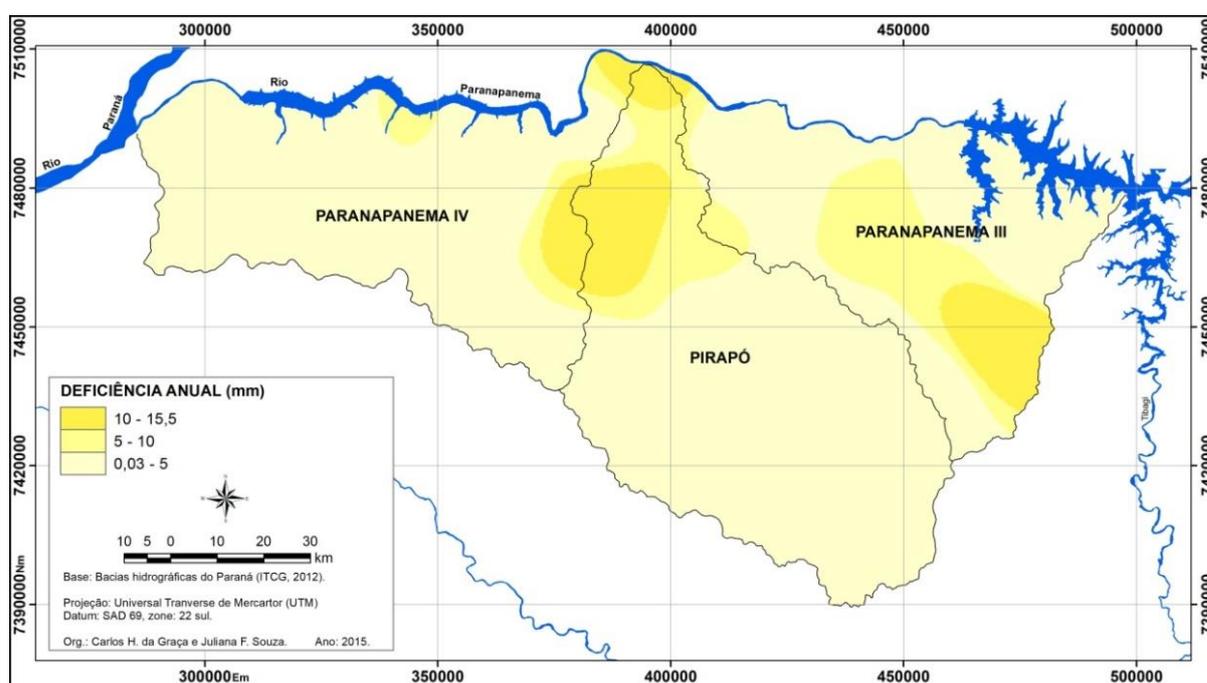
Rossin e Tomaselli (2007) estudaram os efeitos do clima sobre a produção da cana-de-açúcar em Presidente Prudente-SP, elaboraram mapas e compararam a produtividade da cultura com a deficiência hídrica, determinada a partir do balanço hídrico calculado através do método de Thornthwaite e Mather (1955). Ao analisar o comportamento dos valores de deficiência hídrica do município de Presidente Prudente-SP e aqueles próximos do seu entorno, observaram que esses seguem a mesma variação de 0 a 500 mm em média. A alteração nas deficiências ocorreu conforme variou a pluviosidade em cada município, ou seja, de acordo com a posição geográfica em que cada um se encontra. Em relação às médias de produtividade da cultura da cana-de-açúcar não foi possível verificar grandes perdas de produtividade, elas diminuem no máximo 10 ton/ha de um ano para o outro. Contudo, a tendência para a cultura da cana-de-açúcar na região não foi a queda na produtividade, e sim o aumento, devido aos melhoramentos feitos com relação às técnicas de manejo para a cultura. Portanto, por meio da análise realizada, os autores constataram que as condições térmicas e hídricas da região favorecem o desenvolvimento dessa cultura na área, pois ocorrem poucas perdas de produtividade mesmo nos períodos de seca e de elevada umidade, além da não ocorrência de geadas.

Farias (2009) analisou a variabilidade do excedente e deficiência hídrica nas escalas anual e sazonal para o município de Paranavaí e verificou que a distribuição sazonal do excedente hídrico apresentou maior valor no verão, aproximadamente 200 mm e o inverno foi a estação que apresentou o menor valor de excedente hídrico entre 50 mm a 100 mm. No entanto, a distribuição sazonal da deficiência hídrica observada no inverno foi acima de 15 mm, comprovando um inverno bastante seco.

Para Zandonadi (2007), o resultado do balanço hídrico pode ser mais bem explorado quando se utiliza os sistemas de informação geográfica e a cartografia digital. O mesmo autor complementa que os dados utilizados para representação do balanço hídrico, quando espacializados, proporcionam uma visão ampla dos resultados, não se restringindo apenas ao ambiente local, e conclui que, unindo as diversas informações em apenas um mapa, consegue-se visualizar com mais clareza o comportamento hídrico de cada tipo de solo em resposta aos diferentes volumes de chuvas ao longo da bacia.

### 3.1 DISTRIBUIÇÕES ANUAIS DOS DÉFICITS E DOS EXCEDENTES HÍDRICOS PARA A SÉRIE HISTÓRICA

Os resultados para a série histórica (1976-2014) demonstraram poucos intervalos com deficiência hídrica e eles correspondem geralmente, ao período mais seco, o inverno (Figura 2). Os valores dos déficits oscilaram entre 0,03 a 15,5 mm. Os valores máximos (15,5 mm) ocorreram na região de Cambé, localizado na porção leste da bacia do Paranapanema III, e em Paranacity e Jardim Olinda, que estão localizados no baixo curso do rio Pirapó. Considerando que a CAD para os cálculos foi de 100 mm, esses valores mostram que para alguns cultivares as deficiências não comprometeu o seu desenvolvimento nos municípios atingidos (Figura 2).



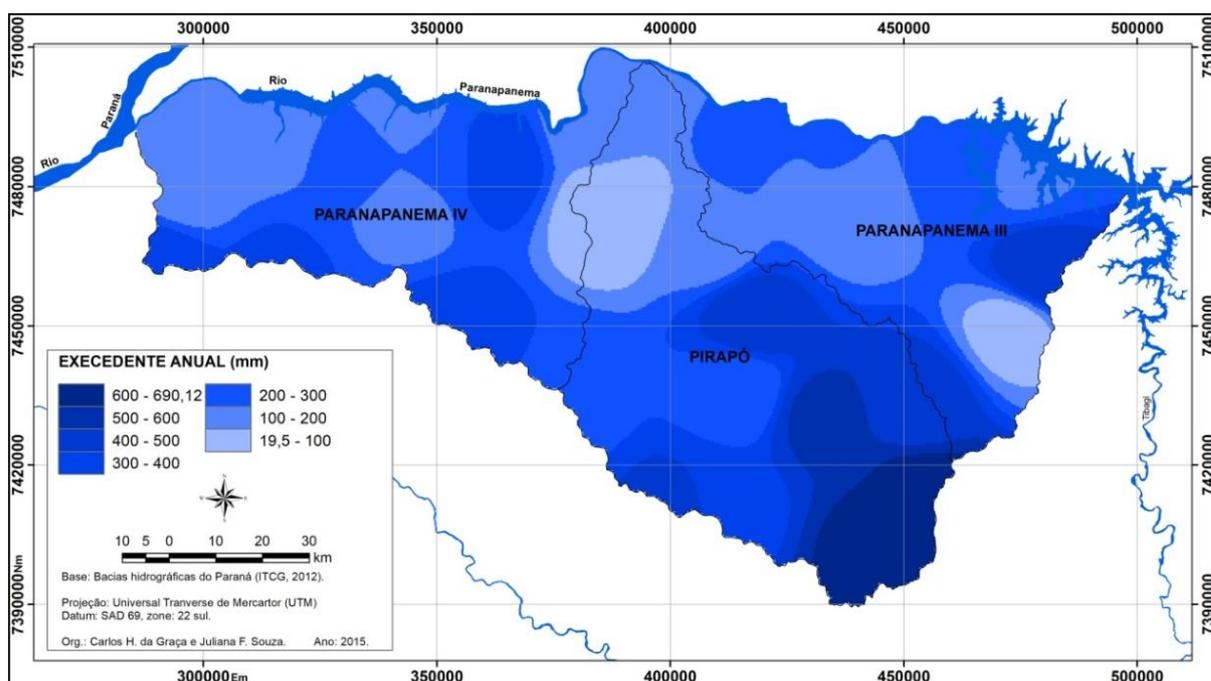
**Figura 2** - Distribuição do déficit hídrico anual nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para a série histórica

Os resultados apontaram que para a série histórica (1976-2014) as áreas que ficaram mais sujeitas as secas foram os setores norte da bacia do rio Pirapó e os setor a sudeste da bacia do Paranapanema IV, essas áreas recebem menores valores de chuvas devido ao efeito orográfico conforme trabalhos descritos por Ribeiro (1987) e Terassi (2013) e também à dinâmica das massas de ares (BORSATO, 2006).

Farias (2009), analisou a distribuição anual da deficiência hídrica para o município de Paranaíba-PR localizado na Bacia do Paranapanema IV e observou que os anos de 1985, 2002 e 2005 apresentaram os maiores valores de deficiência hídrica que oscilou acima de 150 mm.

Os resultados obtidos por meio da equação do balanço hídrico, considerando os excedentes na série histórica (1976-2014) demonstraram que os valores variaram de 19,5 a 690,1 mm anuais. Pode-se também, observar que os maiores excedentes (690,1 mm) ocorreram na região do alto curso do rio Pirapó, no município de Apucarana e nas suas proximidades (Figura 3).

De maneira geral, os resultados apontaram que a região estudada é bastante úmida, e as áreas na à montante para as três bacias são mais úmidas, cujos valores apurados nos extratos dos balanços hídricos mostraram excedentes oscilando de 500 a 690,1 mm, enquanto que as áreas de menores altitudes os excedentes oscilaram abaixo de 500 mm (Figura 3).



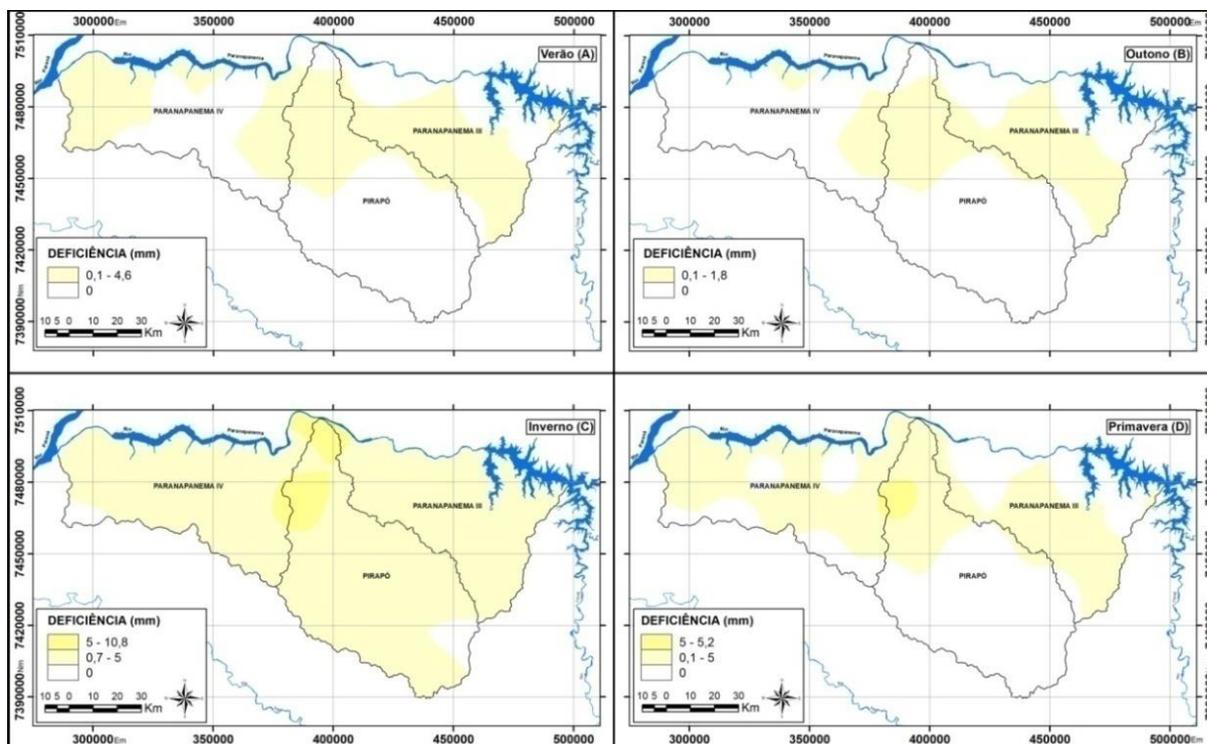
**Figura 3** - Distribuição do excedente hídrico anual nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para a série histórica

### 3.2 DISTRIBUIÇÕES SAZONAIS DOS DÉFICITS E DOS EXCEDENTES HÍDRICOS PARA A SÉRIE HISTÓRICA

Nas escalas sazonais, os resultados obtidos com o balanço hídrico para os déficits podem ser observados na Figura 4 A, B, C e D, que mostra déficit de 4,6 mm para o verão, 1,8 mm para o outono, 10,8 mm para o inverno e 5,2 mm para a primavera.

Farias (2009) observou que em Paranavaí-PR, a distribuição sazonal da deficiência no inverno foi um pouco acima de 25 mm. Caracterizando o inverno com estação bastante seco.

Para a estação da primavera, o valor de deficiência foi de 20 mm, seguido do outono com aproximadamente 14 mm. A estação que apresentou o menor valor foi o verão com valor oscilando próximo a 10 mm.



**Figura 4** - Distribuição do déficit hídrico sazonal, verão (A), outono (B) inverno (C) e primavera (D), nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para a série histórica

Para o verão, as deficiências variaram de 0,1 a 4,6 mm, e os setores que apresentaram as maiores deficiências hídricas foram os setores próximos a Diamante de Norte e Loanda, na porção oeste da bacia do rio Paranapanema IV, na porção média superior da bacia do Pirapó e nas áreas que se estendem para leste até toda região central da bacia do Paranapanema III (Figura 4 A).

No outono, as deficiências apuradas foram pequenas, o mínimo registrado foi de 0,1 e o máximo de 1,8 mm. Os locais que apresentaram maiores deficiências foram próximo ao curso médio do rio Paranapanema IV, também nas porções média superior da bacia do Pirapó e nas áreas que se estendem para leste até áreas centrais das bacias do Paranapanema III (Figura 4 B).

A estação do inverno foi a que registrou os maiores valores de deficiência para a área estudada. Os valores variaram de 0,7 a 10,8 mm em praticamente todos os postos que apresentaram deficiência hídrica, os maiores valores apurados foram encontrados no baixo curso do rio Pirapó, próximo aos municípios de Paranacity e Jardim Olinda. Para as demais

áreas da bacia do Pirapó que correspondem a porção à montante e as áreas das Bacias do Paranapanema III e IV, apuraram-se valores que variaram de 0,7 a 5 mm de déficits. (Figura 4 C). Terassi (2015) destaca que no inverno, para a bacia do rio Pirapó, as chuvas são mais abundantes nos setores à montante e diminui em direção à jusante.

O inverno é a estação de menor pluviosidade, apresenta os menores valores de chuva no setor norte, com médias inferiores a 205 mm, e a maior pluviometria na porção sul, onde as médias são superiores a 265 mm.

Para a estação da primavera as deficiências hídricas registradas foram de 0,1 a 5,2 mm, espacializados pelas três bacias. Na bacia do Paranapanema IV as deficiências espacializaram por quase toda a área.

Na bacia do rio Pirapó, as deficiências apareceram em áreas do baixo curso da bacia, próximas ao município de Paranaity, sendo que, nesta área foram registrados 5,2 mm de déficit. Para a bacia do Paranapanema III, os déficits mais intensos de distribuíram da porção central intensificando para leste (Figura 4 D).

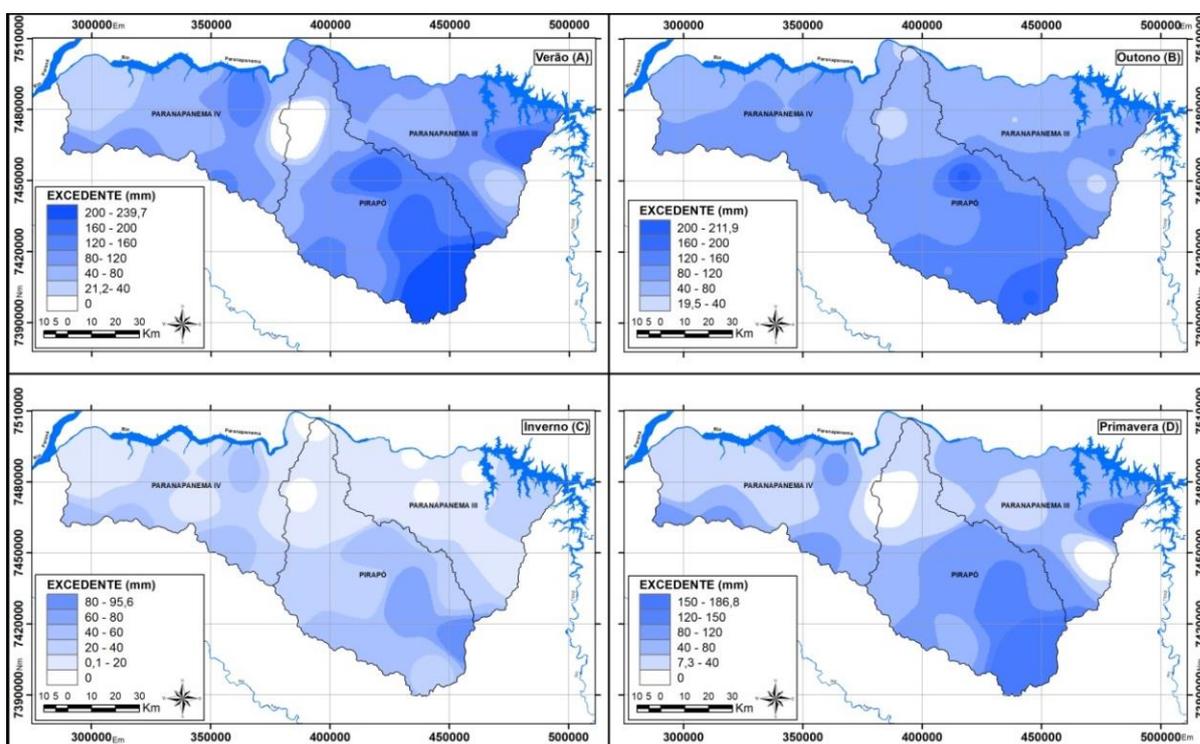
Terassi (2015) observou que na bacia do Paranapanema III e IV e do Pirapó, para a estação da primavera recebe 29% da média anual de chuvas. Braido et al. (2005) na bacia do Paranapanema III mostrou que para a estação da primavera foi a recebeu segunda maior quantidade de chuvas 31,5% dos totais anuais. Na bacia do Paranapanema IV, Zandonadi et al. (2005) destaca que para a estação da primavera recebeu 421,4 mm de chuvas. Baldo (2006) estudando a Bacia do Rio Ivaí, que faz limites com a área de estudo observou que para a primavera os valores variaram de 430 a 530 mm de chuvas, valores semelhantes aos encontrados nas bacias hidrográficas do Paranapanema III e IV e do Pirapó.

Na bacia do Paranapanema III e IV e do Pirapó, de maneira geral, no sentido jusante, que correspondem áreas ao norte, ocorre uma significativa redução da pluviosidade, principalmente nos meses do inverno, período em que segundo Nimer (1989) há o efeito da tropicalização climática, inerente ao clima do Brasil Central. Essas áreas ao apresentam temperaturas mais elevadas e menos chuvas, conseqüentemente maiores déficits de água no solo, uma vez que o aumento das temperaturas provoca mais evapotranspiração. Os valores de déficits observados para este estudo na bacia do Pirapó alcançaram o máximo de 10,8 mm, sendo a estação do inverno a mais seca.

Zandonadi (2004) observou que na bacia do Paranapanema IV os maiores valores de pluviosidade ocorrem no verão, com valores médios de 449,7 mm, seguido da primavera com 421,4 mm, outono com 282,8 mm e inverno com 219,6 mm. No entanto, indiferente das estações do ano, podem ocorrer períodos com relativa falta ou excesso de chuva.

Observa-se que os maiores déficits foram registrados durante a estação considerada como a mais seca, que é o inverno (Figura 4 C), na porção norte da bacia do Pirapó, que recebe menos chuva, devido a influenciada pelo relevo, segundo Ribeiro (1987), Zandonadi et al. (2004) Braido et al. (2006), Borsato e Terassi (2013).

Os valores dos excedentes hídricos podem ser observados nas Figuras 5 A, B, C e D. A estação do ano que registrou o maior volume excedente foi o verão com 239,7 mm anuais. Para o outono o excedente foi de 211,9 mm. Para a primavera o excedente foi de 186,8 mm. O inverno, estação mais seca, o excedentes foi de 95,6 mm. Farias (2009) obteve resultados semelhantes para o município de Paranaíba-PR, observando 200 mm de excedentes para o verão e para o inverno os valores para o excedente oscilaram entre 50 mm a 100 mm.



**Figura 5** - Distribuição do excedente hídrico sazonal, verão (A), outono (B) inverno (C) e primavera (D) nas bacias hidrográficas Paranapanema III e IV e Pirapó, para a série histórica

Na estação do verão, com exceção de áreas central da porção norte da bacia do rio Pirapó não apresentou excedentes, os demais variaram de 21,2 a 239,7 mm espacializados em todas as áreas da bacia do Pirapó e do Paranapanema III, IV.

Os maiores valores registrados para esta estação encontram-se na porção sul da bacia do rio Pirapó, áreas dos municípios de Apucarana e Arapongas. Nessas localidades, os volumes foram de 239,7 mm de excedentes (Figura 5 A).

No outono, para todos os postos o balanço acusou excedentes, os quais variaram de 19,5 a 211,9 mm. Os menores valores se espacializaram por todas as localidades ao norte das bacias estudadas, e nas áreas a sudeste da bacia do Paranapanema III. Na porção sul da bacia do Pirapó foi registrado o maior valor de excedentes 211,9 mm. As demais localidades que correspondem às áreas médias inferior das bacias do Paranapanema III e IV e do Pirapó registraram valores que variaram de 40 a 200 mm (Figura 5 B).

Na estação do outono verifica-se grandes oscilações interanuais nos volumes registrados. A estação recebe 20% das médias das chuvas anuais que correspondem a 297,26 mm. Segundo Borsato e Mendonça (2012), com a gradativa diminuição da intensidade solar na estação do outono, os sistemas de alta pressão se intensificam. Por essa razão, ocorre a redução da participação da massa Equatorial continental, e o aumento da massa Polar Atlântica que se amplia em toda a região de estudo, sendo ela, responsável por um tempo mais seco e mais frio. As irregularidades e tal que já se registraram volume de chuvas acima dos 500 mm, como é o caso dos anos de 1983, 1992, 2013 e 2013.

O inverno foi a estação em que ocorreu os menores valores de excedentes, por ser a estação comumente mais seca, e os valores oscilaram entre 0,1 a 95,6 mm. Os menores valores (0,1 mm) e também os trechos que não registraram excedentes correspondem as áreas ao norte das três bacias, iniciando pelo sudeste e toda a região central até o norte da bacia do rio Paranapanema III, atingindo toda a região média superior da bacia do Pirapó. Na bacia do Paranapanema IV, os menores valores se espacializaram do médio curso para a jusante do rio, atingindo áreas centrais e as localidades a leste. O maior valor de excedentes (95,9 mm) foi registrado na porção sul da bacia do rio Pirapó (Figura 5 C). No inverno, Borsato e Mendonça (2012) destacam que o Centro Sul do Brasil é dominado pelos sistemas de alta pressão, principalmente pela massa Polar atlântica, que avança a partir do Sul e pelo interior do continente, impondo suas características. Essa massa de ar frio e de baixa umidade provoca frio e tempo seco, podendo chegar até a latitude de 0°, provocando na Amazônia o fenômeno conhecido como friagem (MENDONÇA; DANNY-OLIVEIRA, 2007).

Na estação da primavera, os excedentes oscilaram entre de 7,3 a 186,8 mm. Na bacia do Paranapanema III, no setor a sudeste, não foram registrados excedentes, e o mesmo ocorreu na área central da porção médio superior da bacia do rio Pirapó. Os maiores volumes de toda a estação foram verificados no sul da bacia do Pirapó. Nas demais localidades das bacias do Paranapanema III e IV e também na do Pirapó os valores variaram de 7,3 a 150 mm de excedentes. (Figura 5 D).

O mesmo comportamento foi o observado por Braido (2008) na bacia do Paranapanema III. A distribuição sazonal da precipitação evidencia que a maior concentração ocorre durante o verão e a primavera com um total de 34,3 e 31,5% das chuvas respectivamente, enquanto que o outono e inverno recebem de 19,6 e 14,6%, respectivamente, ou seja, as estações que recebem maiores volumes de precipitações, conseqüentemente, registram os maiores volumes de excedentes, e as que recebem menos precipitações (outono/inverno) registram déficits mais elevados. É interessante observar que o maior volume recebido na estação mais quente não necessariamente representa mais excedente, considerando que temperatura elevada e a duração do período solar aumentam exponencialmente a evapotranspiração.

Na bacia do Pirapó, Anjos et al. (2001) estudaram o município de Maringá, e destacaram que se pode estabelecer dois regimes de precipitação pluviométrica bem definidos: verão, denominado período úmido (sob o domínio essencialmente de bandas convectivas) e inverno, denominado de período seco (sob influência das massas polares). Muitas vezes o encontro desses dois sistemas sobre o Paraná origina nuvens Cúmulos Nimbus que provocam chuvas intensas, em curto período de tempo, ventos intensos, algumas vezes, chuvas de granizos e descargas elétricas sobre Maringá.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da equação do balanço hídrico para a série histórica (1976-2014) mostraram que as áreas que estão mais sujeitas às secas são aquelas que se localizam no setor norte da bacia rio Pirapó, ou seja, nas áreas ao entorno de sua foz. Para o sudeste da bacia do Paranapanema III e o leste da bacia do Paranapanema IV, próximo ao limite com a bacia do Pirapó, nesses locais os valores de déficits alcançam os 15 mm.

A bacia que recebeu o maior volume de excedente foi a do Pirapó, especialmente para o setor sul, alcançando os 690,12 mm anuais. Nas bacias do Paranapanema III e IV, os maiores valores (500 mm) de excedentes foram apurados para as áreas próximas às nascentes dos rios.

Os períodos mais críticos correspondem aos da estação do inverno com 10,8 mm de déficits, para as áreas de menores altitudes das três bacias. O maior valor de excedente foi observado para o verão com 239,7 mm, para as áreas nas cabeceiras da bacia do Pirapó.

Pode-se observar que independente do período do ano e das escalas de análises estudadas, os resultados apontaram que as áreas nos entornos das nascentes dos rios são mais úmidas do que aquelas próximas da jusante. Ou seja, os resultados mostraram que a distribuição

das chuvas está fortemente condicionada a dinâmica atmosférica regional e configuração do relevo, ou seja, as áreas que receberam mais chuvas registraram maiores excedentes hídricos e encontram-se nas maiores cotas altimétricas. As áreas que possuem as menores cotas altimétricas receberam menores volumes e por isso estão mais sujeitas a risco de seca, apresentando os maiores valores de déficits, e esse comportamento se aplicou para todos os anos e para todas as escalas de análise.

Sedo assim, a pesquisa demonstrou que na unidade hidrográfica do Paranapanema III, IV, e Pirapó pode estar mais vulnerável aos períodos com chuvas em excessos do que com as secas, uma vez que as chuvas em excessos podem causar enchentes e erosão dos solos bem como a perda dos adubos aplicados nas lavouras.

## 5 REFERÊNCIAS

ALFONSI, R. R. **Variabilidade e Mudanças Climáticas**. Agrometeorologia e sua Importância para uma Agricultura Racional e Sustentável. UEM, Maringá, p.215, 2000.

ANJOS, I. B.; MARTINS, M. L. O. F.; NERY, T. N. Estudo da precipitação pluviométrica e balanço hídrico de Maringá. **Boletim de geografia**. Maringá, PR. p.115-128, 2001.

BALDO, M. C. **Variabilidade pluviométrica e a dinâmica atmosférica da bacia do Rio Ivaí - PR**. 2006. 153f. Tese (Doutorado). Programa de Pós - Graduação em Geografia. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2006.

BORSATO, V. A. SANT’ANNA NETO, J. L. Caracterização e análise da produtividade do trigo relacionado à pluviosidade na bacia hidrográfica do rio Pirapó. **Boletim de Geografia**. UEM, Maringá, PR, v. 20, n, 1, p.33-57, 2002.

BORSATO, V. A.; MENDONÇA, F. A. A Participação da Massa Tropical Atlântica no Estado do Tempo no Centro Sul do Brasil. **Revista Geonorte**, Manaus, Edição Especial 2, v. 1, n. 5, p.293-304, 2012.

BRAIDO, L. M. H.; ZANDONADI, L.; SILVEIRA, H. **Caracterização da precipitação pluviométrica na Bacia do Paranapanema III - PR**. In: VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Aracajú, p.1-7, 2004.

BRAIDO, L. M. H.; ZANDONAD, L.; ZANI, H.; SILVEIRA, H. Caracterização da precipitação pluviométrica e da água disponível das principais classes de solos encontrados na bacia do Paranapanema III – PR. In: **Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. São Paulo, p. 5093-5102, 2005.

BRAIDO, L. M. H.; ZANDONADI, L.; SILVEIRA, H. Determinação do risco de queda de safra usando parâmetros edafoclimáticos na bacia hidrográfica do Paranapanema III - PR. In: **Anais do V Seminário Latino-americano e I Seminário Ibero-americano de Geografia Física, Santa Maria**, p.1256-1271, 2008.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: (Embrapa Soja. Circular Técnica, 48). Embrapa Soja, 2007, 10p.

FARIAS, C. **Variabilidade do excedente e da deficiência hídrica no período de 1976 - 2007 em Paranaíba, PR**, (monografia), Maringá, 2009.

GRAÇA, C. H. **Comportamento edafoclimáticos em anos atípicos (secos e chuvosos) nos municípios de São Carlos e Florai**. Universidade Estadual do Paraná. Monografia (mestrado), Maringá (PR), 2013.

INSTITUTO AGUAS PARANÁ. **Instituto das Águas. Regimento Interno-Piraponema**, 2011 p.1. <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/search.php?query=piraponema&inst-bar-pesquisar-ubmit=&action=results>>. Acesso em: 24 de abril de 2014. Às 10:00 horas.

LIMA, J.J.; CORSINI, P.C.; POLITANO, W. Condições hídricas de solos dispostos em uma toposequência no município de Rio Branco-Acre. **Científica**. Botucatu, v.6, p.53-60, 1978.

MENDONÇA, F. A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Clima: Noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2007, 207p.

MONTEIRO, C. A. F. Clima: In: IBGE. **Geografia do Brasil: grande região sul**. Rio de Janeiro, 2º Ed, v. 4, p. 114-166, 1968.

MONTEIRO, C. A. F. O clima e a organização do espaço no Estado de São Paulo: problemas e perspectivas. **Série Teses e Monografias**, São Paulo: USP/IGEOG, n.28, 54p, 1976.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. **Recursos naturais e ambientais**. IBGE, Rio de Janeiro, p. 252, 1979.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1989, 421p.

NUNES, E. L.; AMORIM, R. C. F.; SOUZA, W. G.; RIBEIRO, A.; SENNA, M. C. A.; LEAL, B. G. Zoneamento agroclimático da cultura do café para a bacia do rio Doce. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n.3, p.297-302, 2007.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 1981, 425p.

ORTOLANI, A.; SIVEIRA PINTO, H.; PEREIRA, A. R.; ALFONSI, R. R. **Parâmetros climáticos e a cafeicultura**. São Paulo: Ministério da Indústria e Comércio. Instituto Brasileiro do Café, 1970, 2-27p.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba, 1997.

RIBEIRO, A. G. Caracterização termo pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR. **Boletim de Geografia**. Maringá, v. 5, n.1, p. 91-135, 1987.

ROSSIN, B. G.; TOMMASELLI, J. T. G. **O clima como um fator de expansão para produção de cana-de-açúcar na região de Presidente Prudente-SP**. Presidente Prudente, 2007.

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. R.; MARIN, F. R.; et al. **Balances hídricos climatológicos do Brasil**. Piracicaba, Esalq/USP, 1999, CDRoom.

TARIFA, J. R. Sucessão de tipos de tempo e variação do balanço hídrico no extremo oeste paulista. São Paulo, **Série Teses e Monografias**, n.8. IGEOG/USP, 71p. 1973.

TERASSI, P. M. B. **Análise da estrutura espaço - temporal pluviométrica e o emprego dos sistemas de classificação climática para a bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR**. 2012. 95 f. Monografia (Bacharelado). Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

TERASSI, P. M. B.; SILVEIRA. Aplicação de sistemas de classificação climática para a bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR. **Revista Formação**, v.1, n.20, p.111-128, 2013.

TERASSI, P. M. B. **Variabilidade Pluviométrica e a Erosividade na Unidade Hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV, Paraná.** Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Maringá, 2015.

THORNTHWAITE, C.W; MATHER, J.R. **The water balance climatology.** Centeton, v.8, nº 1, p.1-86, 1955.

TREMOCOLDI, W. A. BRUNIN O. Caracterização Agroclimática das unidades da Secretaria de agricultura e abastecimento do Estado de São Paulo: adamantina e região. **Boletim Técnico**, 2008.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

ZANDONADI, L.; BRAIDO, L. M. H.; SILVEIRA, H. Análise preliminar da precipitação pluviométrica na Bacia do Paranapanema IV-PR. **In: Anais do VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, Aracaju, p.1-7, 2004.

ZANDONADI, L.; BRAIDO, L. M. H.; SILVEIRA, H. Caracterização da precipitação pluviométrica e da água disponível das principais classes de solos encontradas na bacia do Paranapanema IV –PR. **Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, USP** – 05 a 09 de setembro de 2005.

ZANDONADI, L.; BRAIDO, L. M. H.; SILVEIRA, H. **Aplicação de Índice de Seca para a Caracterização da Precipitação Pluviométrica na Bacia do Paranapanema IV - PR.** In: IV Seminário Latino americano de Geografia Física, Maringá, p.1-10, 2006.

ZANDONADI, L. Cartografia digital como subsídio à representação espacial do balanço hídrico: o caso da bacia do Paranapanema IV. **In: Anais do VII Seminário de Pós-Graduação em Geografia da UNESP** – Campus Rio Claro 27 a 30 de Novembro de 2007.