

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

DIEGO LEONARDO ARRUDA GALIANI

**ANÁLISE ESPACIAL DAS VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS,
PRECIPITAÇÃO E BALANÇO HÍDRICO, COMO SUBSÍDIO PARA O
PLANEJAMENTO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO PIRAPÓ-PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2012

DIEGO LEONARDO ARRUDA GALIANI

**ANÁLISE ESPACIAL DAS VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS,
PRECIPITAÇÃO E BALANÇO HÍDRICO, COMO SUBSÍDIO PARA O
PLANEJAMENTO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO PIRAPÓ-PR**

Trabalho de conclusão de curso de graduação, apresentado à disciplina de trabalho de conclusão de curso II, do curso superior de Engenharia Ambiental, do Departamento Acadêmico de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Maria Cleide Baldo

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2012

RESUMO

GALIANI, Diego L. A. Análise Espacial das Variáveis Hidrológicas, Precipitação e Balanço Hídrico, como Subsídio para o Planejamento Ambiental da Bacia do rio Pirapó-PR. 2012. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Departamento Acadêmico de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2012.

O objetivo do presente trabalho foi estudar espacialmente as variáveis hidrológicas, pluviosidade e balanço hídrico, a fim gerar informações que apontem áreas com aptidões e fragilidades ambientais auxiliando o planejamento ambiental da bacia do rio Pirapó, que abrange 33 municípios com aproximadamente um milhão de habitantes e está localizada no terceiro planalto paranaense. Foram utilizados os dados mensais de pluviosidade, obtidos junto ao Sistema de Informações Hidrológicas do Instituto das Águas do Paraná, de 8 postos pluviométricos do período de 1976 a 2010. Os dados médios mensais da temperatura do ar foram adquiridos nas estações climatológicas de Maringá, Paranavaí e Apucarana. Posteriormente realizou-se a aplicação da estatística descritiva utilizando-se os parâmetros, média, desvio-padrão e coeficiente de variação para as escalas de análise mensal trimestral, sazonal e anual. Para a espacialização da distribuição da pluviosidade elaborou-se através do software *Surfer* 10.0 cartas de isoietas com o contorno da área de estudo e os dados médios de pluviosidade para as respectivas escalas de análise. Para o cálculo do balanço hídrico foi utilizado o método de Thornthwaite e Mather (1955), com auxílio do programa desenvolvido por Sentelhas et al. (1999) que, além dos dados de temperatura e precipitação, também considera os graus, minutos e segundos da latitude e longitude e a altitude do ponto desejado. O balanço hídrico foi calculado somente para os anos determinados como atípicos, ou seja, secos ou chuvosos, segundo a metodologia de Monteiro (1976), aplicada para a escolha do “ano padrão”. A distribuição espacial da pluviosidade apresentou uma gradativa diminuição da montante em direção à jusante da bacia. A variação espacial e temporal da distribuição da precipitação nas escalas mensal, sazonal e anual, fica fortemente evidenciada com a espacialização dos dados de pluviosidade. O cálculo e espacialização do balanço hídrico demonstraram que para a região norte da bacia, para todos os anos analisados, apresentou maiores valores de deficiência hídrica, e maiores períodos de escassez de água no solo, se tornando desta maneira a região com maior probabilidade de ocorrência de déficit de água no solo. A espacialização e análise do balanço hídrico e da pluviosidade para a bacia do rio Pirapó geraram dados e resultados satisfatórios para o melhor conhecimento da dinâmica desses fenômenos hidrológicos na área de estudo, estes devem servir de base para outros estudos que venham a discutir o melhor planejamento das atividades impactantes ao ambiente para que seja garantido o desenvolvimento econômico e também a preservação ambiental.

Palavras chave: Desenvolvimento sustentável. Impacto ambiental. bacia hidrográfica.

ABSTRACT

GALIANI, Diego L. A. Spatial Analysis of Hydrologic Variables Precipitation and Water Balance as a subsidy for the Environmental Planning of River Basin of Pirapó. 2012. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Departamento Acadêmico de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2012.

The objective of this study was to study and spatialize the hydrologic variables rainfall and water balance, in order generate information that indicate areas with skills and fragile environmental and helping the environmental planning Pirapó River Basin, which covers 33 municipalities with nearly one million inhabitants and is located on the third plateau of Parana. Have been used monthly rainfall data, obtained from the Hydrological Information System of the Water Institute of Paraná of 8 pluviometric stations the period 1976 to 2010. The monthly data of air temperature were acquired at weather stations in Maringá, Paranavaí and Apucarana. Later was carried out the application of descriptive statistics using the parameters, mean, standard deviation and coefficient of variation for the scales of analysis monthly, quarterly, seasonal and annual basis. For the spatial distribution of rainfall was elaborated by software Surfer 10.0 isohyetal letters with the outline of the study area and the average rainfall data for the respective scales of analysis. To calculate the water balance, was used the Thornthwaite and Mather (1955) method, using the program developed by Sentelhas et al. (1999) that, besides the data of temperature and precipitation, also considers the degrees, minutes and seconds of latitude and longitude and altitude of the desired point. The water balance was calculated only for some years as atypical, or dried or wet, according to the method of Monteiro (1976), applied to the choice of "standard year". The spatial distribution of rainfall showed a gradual decrease in the amount towards the downstream basin. The spatial and temporal variability of rainfall distribution on scales monthly, seasonal and annual, is strongly evident with the spatial distribution of rainfall data. The calculation and spatialization of the water balance showed that to the region north of the basin, for all the years analyzed, presented greater of water deficit, and longer periods of water scarcity in the soil, thus becoming the region with the highest probability deficit soil water. The spatialization and analyze of water balance and rainfall for the basin of the river Pirapó generated data and satisfactory results for a better understanding of the dynamics of hydrological phenomenon in the study area, these should be the basis for further studies that will discuss the best plan of impactant activities to the environment to be guaranteed the economic development as well as environmental preservation.

Keywords: Sustainable development. environmental impact. watershed.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO PIRAPÓ NO ESTADO DO PARANÁ.....	18
FIGURA 2 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS NA BACIA DO RIO PIRAPÓ - PR.....	22
FIGURA 3 - MÉDIA PLUVIOMÉTRICA PARA OS MESES DE JANEIRO, FEVEREIRO, MARÇO, ABRIL, MAIO E JUNHO NA BACIA DO RIO PIRAPÓ-PR (1976 A 2010).....	26
FIGURA 4 - MÉDIA PLUVIOMÉTRICA PARA OS MESES DE JULHO, AGOSTO, SETEMBRO, OUTUBRO, NOVEMBRO E DEZEMBRO NA BACIA DO RIO PIRAPÓ-PR (1976 A 2010).....	28
FIGURA 5 – PRECIPITAÇÃO MÉDIA SAZONAL ESPACIALIZADA, DA BACIA DO RIO PIRAPÓ – PR. (PERÍODO 1976 A 2010).....	30
FIGURA 6 - MÉDIA PLUVIOMÉTRICA ANUAL NA BACIA DO RIO PIRAPÓ-PR (1976 A 2010).....	31
FIGURA 7 – BALANÇO HÍDRICO CALCULADO PARA O ANO DE 1978.....	35
FIGURA 8 – BALANÇO HÍDRICO CALCULADO PARA O ANO DE 1985.....	37
FIGURA 9 – BALANÇO HÍDRICO CALCULADO PARA O ANO DE 1988.....	38
FIGURA 10 – BALANÇO HÍDRICO CALCULADO PARA O ANO DE 2005.....	41
FIGURA 11 – BALANÇO HÍDRICO CALCULADO PARA O ANO DE 1980.....	43
FIGURA 12 – BALANÇO HÍDRICO CALCULADO PARA O ANO DE 1983.....	44
FIGURA 13 – BALANÇO HÍDRICO CALCULADO PARA O ANO DE 1998.....	45
FIGURA 14 – BALANÇO HÍDRICO CALCULADO PARA O ANO DE 2009.....	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
3 METODOLOGIA	18
3.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO.....	18
3.2 TRATAMENTO DOS DADOS.....	21
3.3 DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DA PLUVIOSIDADE DA BACIA DO RIO PIRAPÓ.....	23
3.4 CÁLCULO E ESPACIALIZAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO.....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA PLUVIOSIDADE PARA A BACIA DO RIO PIRAPÓ.....	26
4.1.1 Escala Mensal.....	26
4.1.2 Escala Sazonal.....	29
4.1.3 Escala Anual.....	31
4.2 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO BALANÇO HÍDRICO PARA A BACIA DO RIO PIRAPÓ.....	34
4.2.1 BALANÇO HÍDRICO PARA OS ANOS ATÍPICOS SECOS.....	34
4.2.2 BALANÇO HÍDRICO PARA OS ANOS ATÍPICOS CHUVOSOS.....	42
5 CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

1 INTRODUÇÃO

Ao longo de sua história, o homem vem evoluindo e alterando o ambiente em que vive, sem se preocupar com as características e limitações do meio, causando inúmeros problemas ambientais que acarretam graves conseqüências.

A fim de minimizar os impactos da ação humana no ambiente, torna-se cada vez mais necessário o desenvolvimento de estudos e técnicas que visem o planejamento ambiental e que busquem conciliar o desenvolvimento antrópico à conservação do ambiente.

De acordo com Silva e Santos (2004) em planejamentos ambientais, é comum adotar a estratégia de avaliar um território por meio de seu zoneamento – método apontado como integrador de informações ambientais. O zoneamento ambiental pode ser entendido como a identificação e a delimitação de unidades ambientais em um determinado espaço físico, segundo suas vocações e fragilidades, acertos e conflitos, determinados a partir dos elementos que compõem o ambiente planejado.

O zoneamento ambiental de uma bacia hidrográfica pode gerar informações importantes referentes ao melhor desenvolvimento de atividades econômicas e também a conservação do meio. Segundo Cadavid García (1991), o zoneamento de uma área ultrapassa o objetivo de identificar, localizar e classificar atributos de um território, este estudo proporciona também que variáveis ambientais relevantes sejam integradas e analisadas, gerando assim estratégias de conservação e manejo integrado de recursos naturais de uma determinada área.

Nos dias atuais a preocupação com o correto manejo dos recursos naturais dentro de uma bacia hidrográfica, visando desenvolvimento conjunto à sustentabilidade, vem levantando inúmeros estudos com diferentes variáveis que influenciam diretamente o sucesso da gestão do território, como o clima, recursos hídricos, temperatura, precipitação, solo, relevo, etc (GALIANI, BALDO E DZIUBATE, 2011).

Segundo Setti et al. (2001) para a manutenção do desenvolvimento regional sustentável, deve-se buscar o equilíbrio entre as ações voltadas para o crescimento econômico e a conservação do ambiente. À medida que aumenta a importância da água ou diminui sua disponibilidade numa região, o conhecimento de parâmetros hidrológicos relacionados com o uso desse recurso hídrico passa a ter fundamental

importância para o seu gerenciamento adequado, visando a minimizar as restrições e os conflitos pelo seu uso.

Em escala global a preocupação com a disponibilidade da água, para os mais diversos usos, vem ocasionando inúmeras discussões sobre como garantir o futuro do planeta mediante todos os impactos que este recurso natural vem sofrendo. Sendo assim, o conhecimento da distribuição espacial e temporal das variáveis que refletem o comportamento da água no ambiente, é essencial para o planejamento e execução de medidas que visem o uso racional deste recurso e a melhor conservação do ambiente.

Conhecer a dinâmica climática e os fenômenos hidrológicos é de suma importância sabendo que ambos influenciam as características do ambiente e ainda contribuem para grandes prejuízos econômicos e sociais, sendo assim a análise das variáveis hidrológicas proporcionam subsídios indispensáveis para o conhecimento da realidade espacial e também um melhor aproveitamento das atividades socioeconômicas e ambientais.

O estudo e espacialização da distribuição da pluviosidade em determinado território é uma das técnicas utilizadas atualmente para minimizar o impacto das incertezas do clima sobre o gerenciamento dos recursos hídricos, e conseqüentemente ambientais, sendo considerado um dos principais desafios que correlaciona o conhecimento da hidrologia e climatologia.

Utilizando o balanço hídrico como ferramenta de estudo para uma bacia hidrográfica é possível retratar as peculiaridades e o funcionamento da entrada e saída de água, as épocas de deficiência e excedente hídrico e principalmente fornece subsídio à gestão integrada dos recursos hídricos, podendo ser utilizado como indicativo dos principais conflitos hídricos atuais e futuros.

No planejamento ambiental de uma bacia hidrográfica o conhecimento das informações geradas através das variáveis hidrológicas pode auxiliar as decisões relacionadas ao melhor aproveitamento das áreas agricultáveis, conservação de áreas menos aptas a agricultura, previsão de eventos climáticos que possam abalar a qualidade ambiental como secas extremas, erosão do solo, enchentes, gerenciamento dos recursos hídricos conforme sua distribuição e abundância, etc. Estes dados disponibilizam informações que permitem aos gestores identificar as fragilidades climáticas e ambientais de uma bacia hidrográfica, se tornando uma ferramenta essencial para o sucesso da gestão do ambiente, que inclui a tomada de

decisão de medidas de conservação e utilização do meio para fins econômicos dentro de uma bacia.

A bacia do rio Pirapó possui uma área de drenagem de 5.067km² e está localizada no terceiro planalto paranaense, região muito desenvolvida agronomicamente. Esta área abrange total ou parcialmente 33 municípios que possui uma população de aproximadamente 950 mil habitantes (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ, 2010). Além disso, de acordo com Lopes (2001) o rio Pirapó é responsável pelo abastecimento de água dos municípios de Apucarana e Maringá, importantes pólos agroindustriais.

Esta importante bacia do norte do Paraná se tornou um grande produtor de grãos e possui regiões muito produtivas. A agricultura é uma importante atividade econômica para o norte do Estado e exerce grande influencia no desenvolvimento do mesmo. Devido a tais fatos, não só a região citada, mas também as outras regiões do Estado merecem um estudo minucioso da variabilidade no tempo e espaço das variáveis hidrológicas e climatológicas.

Tendo em vista a grande importância econômica que a bacia do rio Pirapó representa para a região Norte e para o Estado do Paraná e conseqüentemente para os municípios que dela fazem parte e usam de suas drenagens, estudos que visem conhecer a dinâmica dos recursos hídricos disponíveis nesta bacia, para dias atuais e futuros, se tornam de grande valia para conservação e uso racional dos mesmos.

O presente trabalho tem como objetivo estudar e espacializar as variáveis hidrológicas pluviosidade e balanço hídrico a fim gerar informações que auxiliem o planejamento ambiental da bacia do rio Pirapó.

Os objetivos específicos foram analisar e espacializar a precipitação pluviométrica nas escalas, mensal, sazonal e anual, calcular o balanço hídrico a fim de espacializar a deficiência e excedente hídrico e por fim a construção de mapas cartográficos com os dados de precipitação e balanço hídrico.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O conhecimento da dinâmica climática e das variáveis hidrológicas é de suma importância para o planejamento ambiental de uma bacia hidrográfica, sabendo que ambas contribuem para grandes prejuízos econômicos e sociais, sendo assim, a análise climatológica juntamente com a hidrológica proporcionam subsídios indispensáveis para o planejamento e aproveitamento das atividades socioeconômicas e ambientais de um determinado território.

Nesta temática, a necessidade de aliar desenvolvimento econômico e conservação do ambiente aumentou nas últimas décadas a demanda de projetos, planos e estratégias que realizem a integração da gama de variáveis climáticas, hidrológicas, físicas e ambientais, que atuam no meio, em vista da intensa modificação e degradação do ambiente ocasionada pelo mau gerenciamento e planejamento do uso dos recursos naturais dentro de uma bacia hidrográfica.

Nos dias atuais o planejamento ambiental constitui uma ferramenta útil e indispensável para vencer o desafio de conciliar o uso, o desenvolvimento e a conservação ambiental dentro de uma bacia hidrográfica, evitando impactos negativos ao ambiente que ocasionem degradação dos recursos naturais e conseqüências não desejáveis para a sociedade e o meio.

Lanna (1995) define planejamento ambiental como um processo organizado de obtenção de informações, reflexão sobre os problemas e potencialidades de uma região, definição de estratégias, atividades e ações, visando o melhor aproveitamento dos recursos ambientais sem agredir o meio, sendo que este processo visa organizar o uso do solo e as atividades sócio-econômicas no espaço, respeitando suas funções ecológicas, de forma a promover o desenvolvimento mais sustentável possível.

Segundo Franco (2001) planejamento ambiental é todo o planejamento que parte do princípio da valoração e conservação das bases naturais de um dado território. Para Ross e Del Prette (1998) a função básica do planejamento consiste em promover o desenvolvimento sustentável baseado no ordenamento físico-territorial, seguindo princípios de valorizar as potencialidades e fragilidades dos sistemas ambientais naturais de um lado, e as potencialidades culturais, tecnológicas e econômicas de outro.

Souza (2002) atenta para o fato de que planejamento e gestão não são termos intercambiáveis, pois possuem referenciais temporais distintos e assim, se referem a diferentes tipos de atividades. De acordo com o autor o planejamento é a preparação para a gestão futura, e a gestão é a efetivação, ao menos em parte, das condições que o planejamento realizado no passado ajudou a constituir.

Atualmente para a realização de um planejamento ambiental completo, para uma bacia hidrográfica, faz necessário o domínio de uma extensa gama de variáveis ambientais, econômicas e sociais. Neste sentido o estudo das variáveis climatológicas e hidrológicas se torna peça essencial para a realização do planejamento do território, pois através das mesmas é possível compreender a dinâmica da água, recurso crucial para conservação ambiental e manutenção da vida no ecossistema, dentro da bacia hidrográfica.

Segundo Silva e Santos (2004) vários autores reconhecem que o planejamento ambiental deve ser feito segundo uma visão integradora do meio, e que o zoneamento é sua linha mestra. Alguns autores têm enfatizado a necessidade de desenvolver estratégias metodológicas que efetivem resultados quantitativos e mais bem relacionados ao meio, os quais, ao mesmo tempo, simplifiquem a expressão das respostas obtidas.

Para Neves (2002), a importância do zoneamento ambiental se encontra no fato do mesmo permitir a determinação dos pontos frágeis dos ecossistemas antes que possam atingir situações irreversíveis, permitindo, assim, uma tomada de decisão sobre o manejo da área de maneira preventiva.

A Lei nº 6.938 (Política Nacional do Meio Ambiente), de 31 de agosto menciona o zoneamento ambiental como estudo que prevê a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, desenvolvimento socioeconômico e proteção à dignidade humana. Trabalha, essencialmente, com indicadores ambientais que destacam as vocações e as fragilidades do meio natural.

Sánchez e Silva (1995) afirmam que o zoneamento de um território significa desagregar o espaço estudado em zonas ou áreas que delimitam algum tipo de especificidade ou alguns aspectos comuns, ou ainda áreas com certa homogeneidade interna.

Como enfatiza Melo et al (2006), o zoneamento ambiental é o planejamento da ocupação do espaço de acordo com suas características e potencialidades.

Conforme Pablo (2000) é grande a necessidade de se desenvolver propostas metodológicas que identifiquem zonas a partir da seleção de atributos ambientais mapeáveis. Para Magnusson (1999), o trabalho com escalas adequadas, fluxogramas, mapas e matrizes versus variáveis a serem analisadas seria fundamental para o desenvolvimento dessas abordagens.

A realização de estudos hidrológicos e climatológicos em bacias hidrográficas vem da necessidade de se compreender o funcionamento dos processos que controlam o movimento da água e os impactos de mudança do uso da terra sobre a quantidade e qualidade deste recurso (WHITEHEAD E ROBINSON, 1993).

A importância da gestão da água está diretamente ligada à questão da sustentabilidade ambiental, sendo uma função do desenvolvimento dos diversos componentes políticos, econômicos e sociais, atuantes dentro da bacia hidrográfica, e da sensibilidade desses componentes com o tema da gestão integrada dos recursos hídricos (SÁNCHEZ-ROMÁN et al., 2009).

Segundo o IPCC (2001), o Século XXI está destinado a apresentar maior frequência de eventos extremos de temperatura, precipitação, seca e enchentes, fatores que devem aumentar os riscos de erosão, deslizamentos de terra, incêndios florestais, danos ambientais, riscos à saúde humana e redução do potencial agrícola e disponibilidade de água para os mais diferentes usos.

Na organização do espaço, o clima se torna uma variável de extrema importância, tanto para o espaço rural quanto urbano, pois, somente a partir dos conhecimentos da dinâmica climática, sua gênese e previsões, pode-se minimizar seus efeitos negativos às atividades humanas e direcionar esses conhecimentos no sentido de encontrar um equilíbrio, aproveitando a sua variabilidade temporal para o planejamento econômico e ambiental do território (SANT'ANNA NETO, 1998).

Dentro destas variáveis citadas anteriormente o balanço hídrico encontra-se como uma delas, permitindo a classificação do clima de uma região, realização do planejamento agroclimático e ambiental e a estimativa do período de disponibilidade e necessidade hídrica no solo. Segundo Varejão-Silva (2006) o balanço hídrico pode ser definido como a determinação de todos os ganhos e perdas hídricas que se verificam em um terreno com vegetação, de modo a estabelecer a quantidade de água disponível às plantas em um dado momento.

De acordo com Lange-Filho e Vestena (2010) o balanço hídrico foi desenvolvido, em primeira instância, com o objetivo de se caracterizar o clima de uma região, de modo a ser empregado na classificação climática desenvolvida por Thornthwaite na década de 1940. Posteriormente, esse método começou a ser empregado para fins agronômicos e ambientais, dada a grande inter-relação do ambiente com as condições climáticas.

No Brasil muitos estudos utilizaram o balanço hídrico como ferramenta para planejamentos ambientais, agrícolas e gestão de bacias hidrográficas. Para o Estado do Paraná, por exemplo, os trabalhos foram realizados por Fill et al. (2005) e Vestena et al. (2008), para São Paulo por Santos et al. (2010), para Sergipe por Aguiar Netto et al. (2009), para o Amazonas por Mota e Medeiros (2002), para o Estado da Paraíba por Galvêncio et al. (2006), e também para Minas Gerais por Facco (2008).

O conhecimento da distribuição da pluviosidade, do excedente e da deficiência hídrica de uma bacia hidrográfica, fornece subsídios para determinar períodos críticos predominantes fornece informações que visam reduzir as conseqüências causadas pelas flutuações do regime pluviométrico e do armazenamento de água no solo, conseqüentemente auxilia no planejamento para utilização racional dos recursos hídricos dentro de uma unidade territorial.

A unidade territorial bacia hidrográfica é, atualmente, reconhecida em todo o mundo como a melhor unidade para o manejo dos recursos naturais (FERRETI, 1997). Segundo Botelho e Silva (2004) a bacia hidrográfica constitui-se numa célula básica de análise ambiental, onde é permitido conhecer e avaliar seus diversos componentes, processos e interações que nela ocorrem.

De acordo com Lima (2008) é importante reconhecer que a bacia hidrográfica é uma unidade natural de planejamento de recursos naturais e, ainda, que a água é o agente unificador de integração no manejo de bacias hidrográficas, baseado na sua vital e estreita relação com outros recursos naturais. O conhecimento da hidrologia, bem como do funcionamento hidrológico da bacia hidrográfica são, portanto, fundamentais para o planejamento e manejo dos recursos naturais, visando o uso auto-sustentável em bacias hidrográficas.

As bacias de drenagem são unidades de interesse no que diz respeito ao planejamento ambiental e demais pesquisas que envolvam questões relacionadas

ao meio ambiente, pois permitem a análise dos elementos físicos e humanos que as integram (TONETTI e SANTOS, 2003).

A bacia do rio Pirapó possui uma área de drenagem de 5.067km² e está localizada no terceiro planalto paranaense, região muito desenvolvida agronomicamente. Esta área abrange total ou parcialmente 33 municípios que possui uma população de aproximadamente 950 mil habitantes (INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ, 2010). Além disso, de acordo com Lopes (2001) o rio Pirapó é responsável pelo abastecimento de água dos municípios de Apucarana e Maringá, importantes pólos agroindustriais.

Diversos estudos utilizaram as variáveis climáticas a fim de caracterizar a dinâmica climatológica dentro da bacia do rio Pirapó. Segundo Galiani et al. (2011), Dziubate et al. (2011) e Souza et al. (2002) esta bacia apresenta grande variabilidade temporal na precipitação pluviométrica nas escalas mensal, sazonal, anual e interanual, e espacialmente com maiores precipitações à montante da mesma.

Dziubate, Baldo e Galiani (2011) buscaram compreender a distribuição da chuva no tempo e no espaço na escala mensal, trimestral, sazonal, anual e interanual para a bacia do rio Pirapó- PR. Para o estudo foram utilizados dados mensais de precipitação num período de 34 anos. Os autores relatam que a precipitação pluviométrica da bacia se apresentou de forma descontínua e muito variável no tempo e no espaço, sendo que foi necessária a compreensão de sua distribuição e espacialização para constatação da grande variabilidade. Também foi verificado que a média anual de pluviosidade na área de estudo é de 1500 mm, sendo que a foz da bacia apresenta os menores valores abaixo de 1300 mm e a montante valores acima de 1600 mm.

Galiani, Baldo e Dziubate (2011) utilizaram dados mensais de pluviosidade do período de 1976 a 2010 para caracterizar o padrão pluviométrico da bacia do rio Pirapó-PR e verificar os anos que se apresentavam maior atipicidade na precipitação para mais (chuvoso) ou para menos (seco). A média de precipitação pluviométrica encontrada para a bacia foi de 1514 mm, sendo que a distribuição da precipitação na mesma se mostrou muito irregular com relação ao tempo e espaço. Os autores também verificaram que os anos de 1980, 1983, 1998 e 2009, foram os que apresentaram a maior quantidade de meses com valores pluviométricos acima

da média, ou seja, “padrão chuvoso” e os classificados como “padrão seco” foram os anos de 1978, 1985, 1988 e 2005.

A variabilidade da precipitação pluviométrica na bacia do rio Pirapó-PR foi estudada por Souza, Martins e Nery (2002) através da análise de 19 anos de série de dados pluviométricos compreendido no período entre 1980 a 1998. Aplicando parâmetros estatísticos como média, desvio padrão, coeficiente de variação e cálculos de anomalias, concluíram que a bacia do rio Pirapó apresenta variabilidade pluviométrica de um ano para outro. Especialmente a montante da bacia se destaca por apresentar maior valor na quantidade de precipitação pluviométrica.

Segundo Dziubate, Baldo e Galiani (2011) o conhecimento espaço-temporal da variabilidade das chuvas em uma bacia hidrográfica permite além da disponibilidade de dados para o abastecimento público e zoneamento do ambiente, uma ferramenta de grande valor em relações a mitigação de impactos ambientais, gerados pelos processos erosivos, apontando possíveis áreas que apresentem maior suscetibilidade a esses processos, evitando desta forma o assoreamento de rios e nascentes.

O conhecimento dos padrões predominantes de distribuição pluvial além de gerar subsídio para o planejamento ambiental contribui para uma melhor gestão dos recursos hídricos que é indispensável para o desenvolvimento da sociedade.

Para Mendonça (1997) o clima constitui, um importante elemento da paisagem que compõem as características ambientais de uma bacia hidrográfica, sendo um de seus principais formadores. Em razão disso, torna-se de suma importância o conhecimento detalhado de sua dinâmica com os demais elementos do ambiente, para o desenvolvimento de qualquer atividade humana.

A importância do estudo relacionado à caracterização das chuvas, em especial bacias hidrográficas, abrange relevância nacional por que se faz conhecimento fundamental para o planejamento, aproveitamento e distribuição dos recursos hídricos nela existentes (ZANDONADI, 2009).

O estudo da variabilidade temporal da precipitação permite definir o grau de correlação temporal das amostras e tem mostrado ser poderosa ferramenta de aplicação prática, permitindo estimar precipitações com variância mínima. (SILVA et al., 2003).

Segundo Bufon et al. (2003) é grande a necessidade de se criar mecanismos que despertem na sociedade civil, bem como nas instituições e nos agentes que

detêm o poder decisório e executor, o desejo e a disponibilidade de envolvimento e comprometimento efetivo com a defesa e preservação dos recursos hídricos e do ambiente numa bacia hidrográfica, pois a mesma tem sido considerada a unidade de planejamento e intervenção da gestão ambiental, sistêmica e globalizada. Neste sentido Britto et al. (2006) afirma que um dos elementos físicos decorrentes da variabilidade climática é a variabilidade da precipitação pluvial, um importante fator no controle do ciclo hidrológico e uma das variáveis climáticas que maior influência exerce na qualidade do meio ambiente.

Segundo Silva e Santos (2004), realizar um planejamento ambiental completo é uma tarefa complexa, pois, faz se necessário a adoção de sistemas de planejamento que identifiquem e integrem componentes físicos, climáticos, hidrológicos, econômicos, sociais e institucionais, observando a estrutura e a função dos sistemas naturais ou antrópicos, de forma a compreender os seus comportamentos diante das perturbações.

De acordo com os mesmos autores para analisar todos os fatores ambientais que implicam no planejamento ambiental, em toda a sua diversidade e complexidade, é necessário conhecer as interações entre os sistemas naturais os sistemas socioeconômicos. Esses dois sistemas se organizam segundo propriedades estruturais e dinâmicas diferentes, com condições intrínsecas de funcionamento. Dessa forma, integrá-los efetivamente é um desafio científico que exige compatibilizar conceitos e escalas espaciais e temporais de observação, mostrar clareza na formulação das questões a serem tratadas e apresentar métodos que conduzam, eficientemente, o cruzamento de todas as informações.

Diante deste fato, vale lembrar que esta pesquisa visa tratar as variáveis hidrológicas, precipitação e balanço hídrico, como subsídio para a realização de um planejamento ambiental futuro mais completo para a bacia, levando-se em consideração todas as variáveis ambientais, econômicas e sociais que a bacia apresenta.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo em questão é a bacia do rio Pirapó, que apresenta uma área de 5.067km², localizada no terceiro planalto paranaense a 22°32'30" e 23°36'18" de latitude sul e 51°22'42" a 52°12'30" de longitude oeste como é possível observar na Figura 1. Esta área abrange 33 municípios que possui uma população de aproximadamente 950 mil habitantes (IAP, 2010).



Figura 1 – Localização da bacia do rio Pirapó no Estado do Paraná.

Fonte: Autoria Própria.

O rio Pirapó nasce no município de Apucarana a cerca de 1.000 m de altitude e escoar para a direção norte, percorrendo uma extensão de 168 km até sua foz no rio Paranapanema, a cerca de 300 metros de altitude no município de Jardim Olinda. Contribuem para a bacia aproximadamente 60 tributários diretos, não levando em conta os pequenos riachos. O rio Bandeirantes do Norte é seu maior afluente, tem sua nascente no município de Arapongas e possui uma extensão de 106 km (SEMA, 2010).

Sabendo que o rio Bandeirantes do Norte é o principal afluente do rio Pirapó, os outros afluentes da margem direita do rio Pirapó são: ribeirão Lajeado, ribeirão da Ilha, ribeirão Pau d'Alho, ribeirão Valência e rio Ipiratininga. Os principais afluentes da margem esquerda são: ribeirão dos Dourados, ribeirão Sarandi, ribeirão Jacupiranga, ribeirão Caxangá e ribeirão do Vagalume (MARTINEZ, 2005).

Em função das características das redes de drenagem, na bacia do rio Pirapó, foram classificadas 65 sub-bacias, sendo 1.664 afluentes de Primeira Ordem, 239 de Segunda Ordem e 41 de Terceira Ordem (PAREDES, 1983).

De acordo com Maack (1968) a bacia do rio Pirapó localiza-se na região em que o micro sistema climático é definido como subtropical úmido, mesotérmico, com verões quentes, sem estação seca de invernos definidos e geadas pouco freqüentes.

O clima da bacia em estudo, segundo Ribeiro (1987), apresenta um ritmo termo-pluviométrico marcado pela irregularidade interanual, com verões sempre chuvosos e invernos quase sempre úmidos, porém, apresentando um ou dois meses secos. Na área observa-se também o controle orográfico da temperatura e da precipitação, sendo que as cabeceiras da bacia apresentam temperaturas mais brandas e totais pluviométricos mais elevados que os setores mais baixos da bacia, onde as temperaturas são mais elevadas e os totais anuais de precipitação menores, porém, mais concentrados.

Dziubate, Baldo e Galiani (2011) verificaram que a média anual de pluviosidade na Bacia do rio Pirapó é de 1500 mm, sendo que a foz da mesma apresenta os menores valores de precipitação, abaixo de 1300 mm e a montante valores acima de 1600 mm.

Conforme Galiani, Baldo e Dziubate (2011), para a bacia do rio Pirapó, a maior precipitação média mensal é referente ao mês de janeiro, ultrapassando os 200 mm, e o mês de agosto possui o menor índice de pluviosidade, pouco mais de

50 mm. De acordo com os autores a distribuição da precipitação na bacia apresenta grande irregularidade com relação ao tempo e espaço, sendo que a estação mais chuvosa é o verão e a mais seca é o inverno.

Segundo Maack (1968) esta bacia está situada na região fisiográfica denominada Terceiro Planalto, na sub-unidade denominada Planalto de Apucarana, onde predominam as altitudes entre 300 a 600 m e, a paisagem natural, é caracterizada por apresentar uma topografia pouco movimentada.

Ainda conforme o autor supracitado a bacia do rio Pirapó compreende apenas duas unidades litológicas: o basalto, originado pelos derrames de lava da Formação Serra Geral, e o arenito das formações Caiuá e Santo Anastácio. A cobertura inconsolidada compreende alguns setores de depósitos aluviais quaternários.

Segundo Borsato e Sant'anna Neto (2002) a pedologia dessa área apresenta duas classes de solos, os de origens da meteorização das rochas basálticas, Latossolo Roxo (Latossolo Vermelho) e Terra Roxa Estruturada (Nitossolo), e os originados do arenito caiuá, Latossolo Vermelho Escuro e Podzólicos Vermelho Amarelo.

O relevo da bacia de acordo com Martinez (2005) apresenta formas resultantes de entalhes sofridos ao longo do tempo apresentando na maior parte da área relevos dissecados. Segundo Borsato e Sant'anna Neto (2005) as maiores diferenças altimétricas estão no alto curso do rio Pirapó, onde a drenagem diseca o interflúvio regional que se faz com a drenagem do rio Ivaí, construindo um espigão quase plano, onde se encontram várias cidades, sendo as principais, Paranaíba, Nova Esperança, Mandaguaçu, Maringá, Marialva, Mandaguari, Jandaia do Sul, Apucarana e Arapongas, sendo as bordas desse relevo fortemente entalhadas.

De acordo com a Secretaria Estadual do Meio Ambiente (2010) o uso do solo, na bacia do rio Pirapó, foi direcionado segundo as características do solo da região que facilitaram a modernização da agricultura visando à produção intensiva e extensiva de grãos para gerar excedentes, baseando a criação de grandes complexos agroindustriais. As culturas mais importantes são a soja, o milho, o trigo e a cana de açúcar, havendo ainda pastagens. Tal situação gerou uma rápida eliminação da vegetação nativa para ocupação agrícola do solo e serviu de partida para o desequilíbrio ambiental, ocasionando graves problemas de erosão em toda região. Como consequência, ocorreu e ocorrem ainda nos dias atuais, o

assoreamento dos cursos de água e a deterioração dos mananciais cujas águas abastecem as cidades e se prestam a outras finalidades e empreendimentos.

Grande parte da bacia é ocupada com a classe de agricultura intensiva. Na região norte e central existem área de pastagem artificial e campos naturais. Ao sul aparece a classe de uso misto e há uma concentração urbana e industrial na região de Maringá (SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE, 2010).

Na bacia do rio Pirapó a monocultura do café imperou nas décadas de 1940 e 1950, porém, foi substituída em larga escala por pastagens, nos solos arenosos derivados do arenito Caiuá, e por culturas temporárias como soja, trigo, algodão, milho, cana de Açúcar e mandioca nos solos de terra roxa (Nitossolos), nos últimos 20 anos. Segundo os autores todas as transformações no uso e ocupação do solo desta região são agravadas por sua posição geográfica, pois se constitui numa área localizada na altura do Trópico de Capricórnio, de transição climática zonal, tornando-se assim palco dos conflitos entre os climas controlados pelos sistemas tropicais e os extratropicais, acarretando desta forma uma significativa irregularidade interanual das chuvas e variabilidade dos demais elementos meteorológicos (ANDRIUCCI et al., 2002).

A cobertura vegetal que cobria o Norte do Estado do Paraná para Wons (1982) apresentava dois aspectos distintos, o primeiro mais rico em espécies vegetal e ocupava as regiões de solos de origem basáltica, o segundo mais pobre em espécies, ocupava as regiões de solos arenosos do arenito Caiuá. De acordo com o autor, poucos vestígios de sua existência podem ser assinalados em áreas de preservação, não foi poupada nem mesmo as florestas ciliares, importantes na preservação dos cursos d'água.

3.2 TRATAMENTO DOS DADOS

Foram utilizados os dados médios mensais de pluviosidade de 8 postos pluviométricos (Figura 2 e Tabela 1) com segmento temporal de 1976 a 2010, obtidos junto ao Sistema de Informações Hidrológicas – SIH do Instituto das Águas do Paraná. Também foi utilizado, dados de temperatura média mensal para a elaboração do balanço hídrico de três estações climatológicas, Paranavaí,

Apucarana e Maringá.

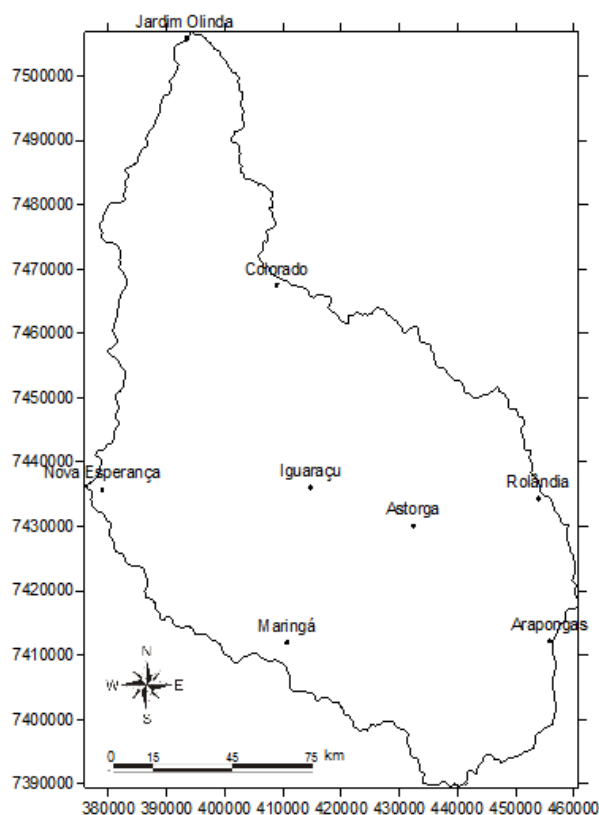


Figura 2 – Distribuição espacial dos postos pluviométricos na bacia do rio Pirapó - PR.
Fonte: Autoria Própria.

Tabela 1. Postos pluviométricos com suas respectivas latitudes, longitudes, altitudes e período.

Nº	Postos	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Período
01	Colorado	22°53' 53"	51°53' 17"	487	1976 - 2010
02	Jardim Olinda	22°33' 03"	52°02' 11"	318	1976 - 2010
03	Maringá	23°24' 00"	51°52' 26"	584	1976 - 2010
04	Arapongas	23°23' 59"	51°25' 59"	793	1976 - 2010
05	Iguaraçu	23°10' 59"	51°49' 59"	581	1976 - 2010
06	Astorga	23°14' 14"	51°39' 41"	572	1976 - 2010
07	Rolândia	23°12' 00"	51°27' 00"	653	1976 - 2010
08	Nova Esperança	23°10' 59"	52°10' 59"	582	1976 - 2010
09	Paranavaí*	23° 05'00"	52° 26'00"	480	1976 - 2010
10	Apucarana*	23°30'00"	51° 32'00"	746	1976 - 2010
11	Maringá*	23° 25'00"	51° 57'00"	542	1976 - 2010

* Estações meteorológicas que disponibilizaram os dados de temperatura para estimativa da temperatura dos outros postos.

Os dados mensais de pluviosidade, que a princípio estavam em blocos de notas, foram transportados para a planilha eletrônica *Excel*, para serem preliminarmente analisados.

Foi realizada, a conferência da planilha de cada posto e verificada a existência de erros cometidos na digitação. A primeira etapa consistiu em uniformizar as séries históricas, para todos os postos da área de estudo, e escolher o período de análise que foi de 1976 a 2010 e descartar os postos com problemas de dados, ou com série mais curta de dados.

Após a escolha dos postos e do período passou-se para a segunda etapa da pesquisa, a aplicação da estatística descritiva utilizando-se os respectivos parâmetros; média, desvio-padrão e coeficiente de variação para as escalas de análise mensal trimestral, sazonal e anual.

O tratamento dos dados supracitado se faz de extrema necessidade para que seja possível a realização da distribuição temporal e espacial da precipitação e do balanço hídrico.

3.3 DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DA PLUVIOSIDADE DA BACIA DO RIO PIRAPÓ

Para realizar a distribuição temporal e espacial da precipitação da bacia em estudo se fez necessária a utilização dos dados tratados estatisticamente, explicados no item anterior, para todas as escalas de análise.

Após o tratamento estatístico dos dados de pluviosidade os mesmos foram representados mediante cartas de isoietas, elaboradas a partir do aplicativo *Surfer*, versão 10.0, que utiliza um arquivo com o contorno da área de estudo digitalizado, o qual usa os valores de longitude e latitude e outro arquivo com os valores calculados, tais como a média, o desvio-padrão e o coeficiente de variação de cada estação com suas respectivas coordenadas geográficas.

O *Surfer* utiliza o método reticulado, para realizar a interpolação de dados, com os quais irá gerar valores para a construção das isolinhas. A interpolação dos dados no reticulado do programa foi feita através do método de *kriging*, considerado o mais adequado para este tipo de interpolação.

Sendo assim, foram elaborados os mapas com as isoietas, de precipitação

média mensal, sazonal e anual.

Os mapas gerados nesta etapa foram utilizados para visualizar a distribuição da pluviosidade na bacia em estudo, a fim de produzir análises e alternativas para a melhor conservação do ambiente e subsidiar o planejamento ambiental da bacia.

3.4 CÁLCULO E ESPACIALIZAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO

Para o cálculo do balanço hídrico foi utilizado o método de Thornthwaite e Mather (1955), com auxílio do programa desenvolvido por Sentelhas et al. (1999) que, além dos dados de temperatura e precipitação, também considera os graus, minutos e segundos da latitude e longitude e a altitude da estação meteorológica ou do ponto desejado.

Considerou-se a capacidade de campo de 125 mm, permitindo identificar os meses em que ocorreram as deficiências e os excedentes hídricos. As demais informações para cálculo do balanço hídrico desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955), encontram-se na apostila de Ortolani et al. (1970).

Para o cálculo do balanço hídrico os dados de pluviosidade também passaram pelo tratamento estatístico supracitado, já os de temperatura média mensal, para todos os postos, foram estimados através dos dados obtidos de três estações meteorológicas, Paranavaí, Maringá e Apucarana. Para os postos de Jardim Olinda, Colorado e Nova Esperança foram utilizados os dados da estação meteorológica de Paranavaí, já para Iguaraçu, Maringá (posto do Instituto das Águas do Paraná) e Astorga foram utilizados os dados da estação de Maringá, da mesma forma, para as cidades de Rolândia e Araçongas foram utilizados dados provenientes da estação de Apucarana.

A estimativa da temperatura para todos os postos foi realizada através de cálculos numa planilha do Excel que considerava a diferença de altitude entre a estação e os postos em questão, a cada 100m de diferença entre os dois, havia um acréscimo ou decréscimo de 0.65°C , dependendo da altitude do posto com relação a da estação. Tal cálculo foi realizado através da “regra de três” entre a temperatura da estação, a temperatura do posto e a diferença de altitude multiplicada pelo respectivo 0.65°C a cada 100m desta diferença. Os parâmetros longitude e latitude foram desconsiderados devido ao grande número de cálculos realizados e a baixa

influência deles na temperatura dentro de uma área relativamente pequena.

A estimativa da temperatura se fez necessária devido à falta de estações meteorológicas espalhadas ao longo da área de estudo, que fornecessem os dados de temperatura para o cálculo do balanço hídrico para a bacia do rio Pirapó.

O balanço hídrico foi calculado somente para os anos determinados como atípicos, ou seja, secos ou chuvosos, segundo a metodologia de Monteiro (1976), aplicada para a escolha do “ano padrão”. Através do balanço hídrico foi possível a identificação da deficiência e do excedente hídrico numa escala mensal para que fosse possível a espacialização do mesmo na área de estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA PLUVIOSIDADE PARA A BACIA DO RIO PIRAPÓ

4.1.1 ESCALA MENSAL

Analisando a distribuição pluviométrica na escala mensal para toda a área de estudo (Figura 3) é possível visualizar a distribuição espacial da pluviosidade, através da interpolação dos dados mensais, para os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho.

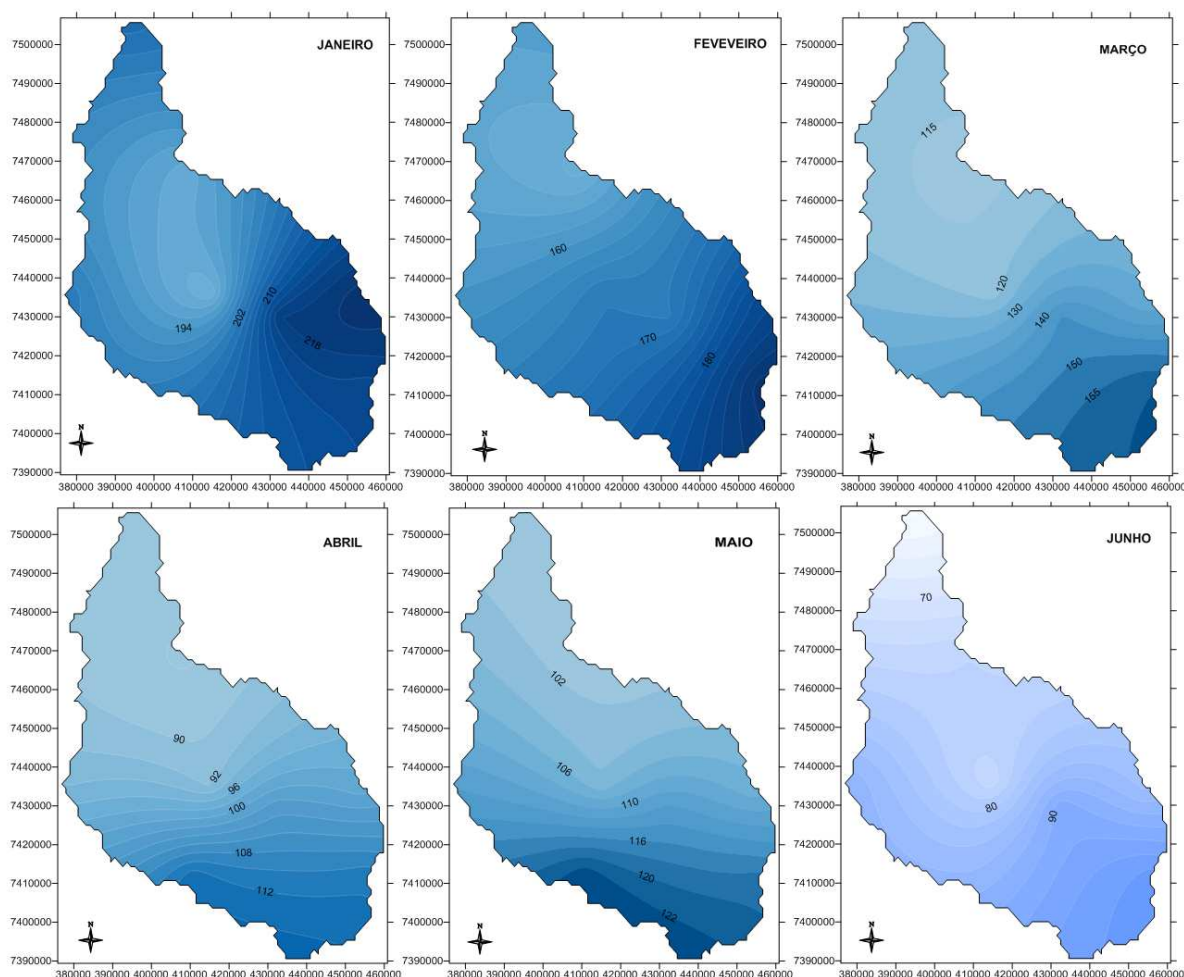


Figura 3 - Média pluviométrica para os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho na bacia do rio Pirapó-PR (1976 a 2010).

Fonte: Autoria Própria.

Para o mês de janeiro, observou-se para o extremo sudeste da bacia um maior acumulado nos valores de pluviosidade (Figura 3). Contrariamente, a porção central da mesma apresentou um núcleo com os menores valores registrados para o mês.

Já o mês de fevereiro demonstrou maiores valores pluviométricos se deslocando do sudeste para o sul da bacia. Também, o núcleo com menores valores se transferiu para a região norte da bacia. O mês de março apresentou esta mesma distribuição espacial de pluviosidade, porém com valores menores, como observado na Figura 3.

Nos meses de abril e maio observou-se que os valores de precipitação, quando comparados entre montante e jusante da bacia, apresentaram baixa variabilidade espacial (Figura 3). Estes meses demonstraram os maiores valores de precipitação na região sul da bacia e os menores ao norte da mesma.

As menores precipitações médias mensais para o mês de janeiro se concentraram na parte central da bacia, para o mês de julho os menores valores ficaram na parte norte e central e para os outros meses, fevereiro, março, abril e maio, as menores precipitações ficaram à jusante da bacia estudada.

Através da Figura 4 é possível observar a distribuição pluviométrica na escala mensal para os meses de julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro, para toda a área de estudo.

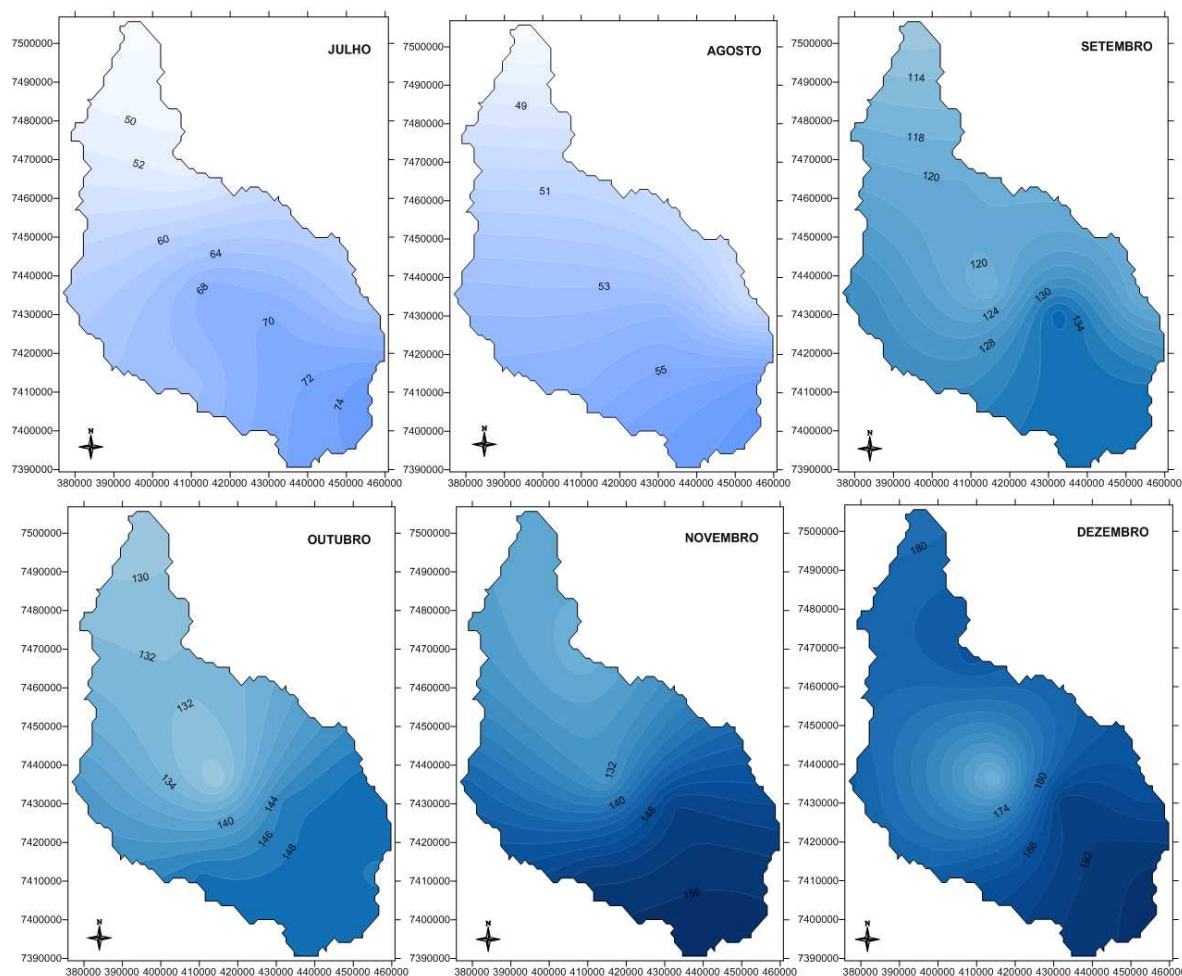


Figura 4 - Média pluviométrica para os meses de julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro na bacia do rio Pirapó-PR (1976 a 2010).

Fonte: Autoria Própria.

Analisando a Figura 4 é possível observar que para o mês de julho os menores valores de precipitação ficaram na porção norte da bacia, enquanto os maiores valores espacializados situaram-se na parte montante da bacia.

Para o mês de agosto, a distribuição espacial da precipitação se apresentou de forma homogênea, ou seja, com baixa variação espacial para toda a área de estudo como mostra a Figura 4.

Nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro os maiores valores de precipitação ficaram concentrados na porção montante da bacia (Figura 4). Já os menores valores se comportam de forma diferente dos supracitados, setembro e outubro apresentam valores mais baixos de precipitação na porção norte da bacia, com leve deslocamento para a região central, enquanto novembro e dezembro fortemente na porção central.

O mês de janeiro apresentou a maior precipitação média mensal de todos os meses analisados, alcançando 220 mm, se tornando desta maneira o mês com o maior índice de pluviosidade dentre todos os meses do ano, para a escala temporal analisada, enquanto Agosto demonstrou o menor valor de 47 mm.

4.1.2 ESCALA SAZONAL

Na distribuição espaço-temporal da pluviosidade sazonal, constatou-se para o verão (Figura 5) que os maiores valores de precipitação foram registrados na porção sul com leve inclinação para a sudeste, ultrapassando os 560 mm de pluviosidade.

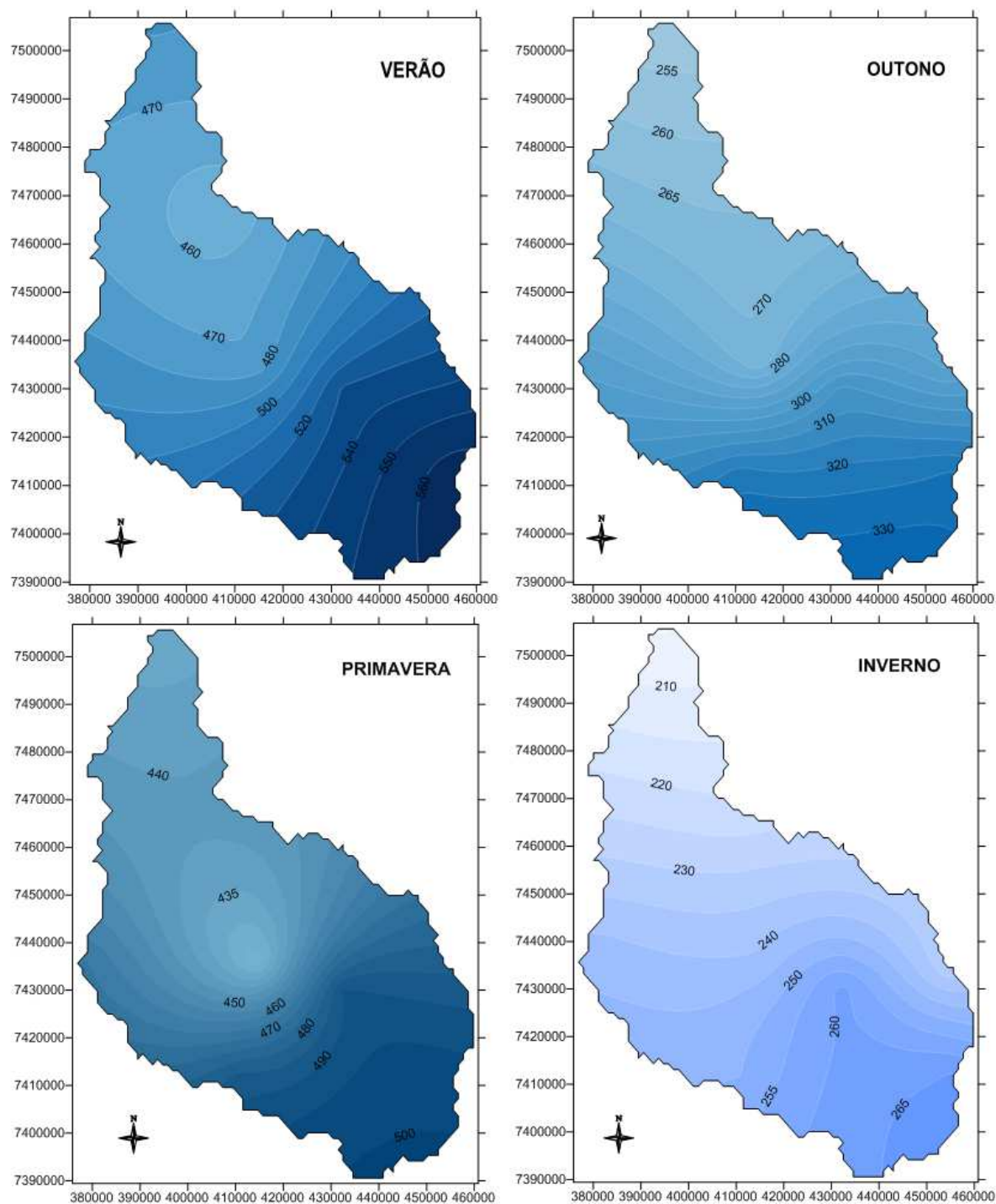


Figura 5 – Precipitação média sazonal espacializada, da bacia do rio Pirapó – PR. (período 1976 a 2010).

Fonte: Autoria Própria.

No outono (Figura 5) apresenta-se uma distribuição muito semelhante a do verão, porém com uma redução significativa nos valores espacializados da pluviosidade da montante à jusante da bacia. O inverno (Figura 5) possui os menores valores da pluviosidade espacializada durante todo o ano (210 mm), com a

distribuição seguindo os mesmos padrões das anteriores, com valores maiores à jusante e menores à montante da bacia.

A distribuição espacial da pluviosidade para a estação da primavera se diferenciou das outras estações devido à presença de um núcleo bem definido, no centro, seguido pela jusante da bacia, apresentando os menores valores de pluviosidade, sendo que a região sudoeste continuou demonstrando os maiores valores (500 mm) como mostra a Figura 5.

4.1.3 ESCALA ANUAL

Analisando a distribuição espacial anual da pluviosidade para a área de estudo (Figura 6), constatou-se que os maiores valores acumulados foram registrados na porção sul-sudeste da bacia (acima dos 1600 mm). A distribuição da precipitação apresenta uma evidenciada gradativa diminuição da montante em direção à jusante da bacia, atingindo os menores valores ao norte da área de estudo, com 1360 mm de pluviosidade. A variação espacial da distribuição da precipitação, quando comparadas a montante e jusante, é de 300 mm.

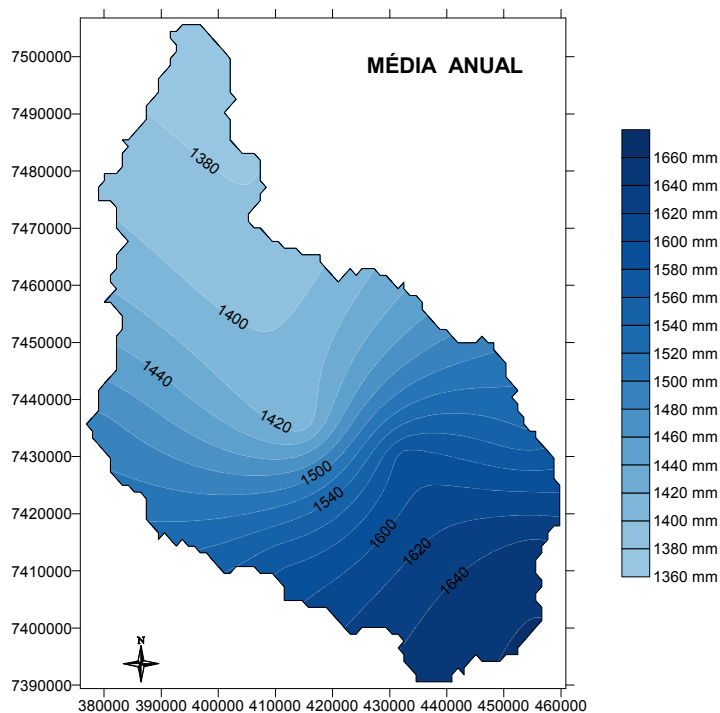


Figura 6 - Média pluviométrica anual na bacia do rio Pirapó-PR (1976 a 2010).

Fonte: Autoria Própria.

Através da análise das Figuras 3, 4, 5 e 6 fica evidente a variação espacial e temporal da distribuição da pluviosidade nas escalas mensal, sazonal e anual, para a bacia do rio Pirapó, também evidenciada por Galiani et al. (2011), Dziubate et al. (2011), Souza et al. (2002) e Anjos e Nery (2000). Segundo Nobre et al. (1991) variabilidade da precipitação encontrada faz parte do controle natural dos ecossistemas, portanto, uma melhor compreensão da variabilidade climática de uma determinada região pode auxiliar tanto no planejamento de ações de combate à degradação do meio ambiente, quanto fornecer elementos para a preservação e desenvolvimento sustentável de uma região, conciliando progresso econômico e conservação ambiental.

A distribuição da precipitação numa bacia hidrográfica pode influenciar muitas outras variáveis ambientais, algumas delas possuem a capacidade de interferir na qualidade do meio ou até mesmo em atividades econômicas e sociais.

A qualidade da água dos rios que fazem a drenagem da bacia é um exemplo de variável que sofre influência do regime de precipitação que ocorre na bacia, fato também constatado por Silva et al. (2008) para a bacia do rio Purus. Fatores como pH, alcalinidade e turbidez, principalmente, tendem a sofrer alterações dependendo da quantidade e frequência da precipitação pluviométrica que incide na bacia.

Além da influência do regime pluviométrico na qualidade da água dos rios, a ação direta das chuvas em ambientes desprevenidos de vegetação tende a acarretar elevadas perdas de solo e conseqüentemente a alteração nas propriedades físico-químicas da água.

Neste sentido, através das Figuras 3 e 4 é possível perceber que para a bacia do rio Pirapó, na maioria dos meses analisados, a distribuição da precipitação ocorre de forma mais concentrada à montante da mesma, levantando desta maneira grande preocupação com o adequado manejo do solo nesta região, e também com a manutenção e recuperação das florestas ciliares, para que os altos índices pluviométricos registrados para esta parte da bacia, não venham aumentar a perda de solo, influenciando negativamente a qualidade da água dos rios que drenam a bacia.

A vazão dos rios também depende do regime pluviométrico da bacia hidrográfica, pois quanto maior a contribuição das chuvas no ciclo hidrológico, maior

a vazão dos cursos hídricos desta região. Para a área de estudo, a região à jusante da bacia apresentou os menores índices pluviométricos em todas as escalas temporais analisadas (Figuras 3, 4, 5 e 6), demonstrando dessa forma que deve haver uma maior preocupação com a garantia da disponibilidade e qualidade da água dentro da bacia, para atender à demanda industrial, agrônômica, ambiental e urbana, nesta área que comporta cerca de um milhão de pessoas e possui grande desenvolvimento agrônômico.

Com a maior quantidade de chuva precipitada na parte sul e sudeste da bacia o volume de escoamento superficial deve aumentar significativamente nesta região, tal influência também foi evidenciada por Chaves e Piau (2008), Lima e Singh (2002) e Alencar et al. (2006) onde a quantidade e variação da precipitação implicou no aumento do escoamento superficial e do transporte de solo.

Muitos problemas ambientais podem surgir através da falta de conhecimento referente à dinâmica das variáveis hidrológicas e do transporte de sedimentos numa bacia hidrográfica como, por exemplo, o assoreamento de rios e lagos, carregamento de nutrientes e agrotóxicos provenientes das atividades agrônômicas causando eutrofização e contaminação dos cursos hídricos, fato também observado por Meyer et al. (1975) que acusa o fenômeno hidrológico como o principal agente de poluição difusa em cursos hídricos.

Sabendo dos problemas ambientais e econômicos que o escoamento superficial pode causar dentro de uma bacia hidrográfica é válido ressaltar sobre a importância da conservação do ambiente e do correto manejo do solo visando amenizar os impactos desse fenômeno hidrológico dentro da bacia hidrográfica do rio Pirapó, principalmente à montante da bacia onde os valores pluviométricos são mais elevados (Figuras 5 e 6).

A cobertura vegetal arbórea exerce influência na interceptação de água da chuva, auxiliando desta maneira na redução da parcela de escoamento superficial e diminuindo conseqüentemente a probabilidade de ocorrência de erosão e suas conseqüências para o ambiente e a sociedade.

Desta forma, as áreas da bacia com vegetação arbórea devem sofrer menos os efeitos do escoamento superficial, mesmo com altos índices pluviométricos como é o caso da região sul da mesma (Figuras 3 e 4), porém, nas áreas com cobertura temporária ou desprovidas de cobertura o cuidado com o correto manejo do uso do

solo deve ser redobrado para que nem o ambiente e muito menos os habitantes da bacia venham a sofrer com as conseqüências deste fenômeno hidrológico.

A manutenção das florestas ciliares, bem como a recuperação das áreas degradadas, é de extrema importância para a qualidade ambiental numa bacia hidrográfica, pois elas interferem significativamente na preservação dos recursos naturais como a água e o solo.

A grande influência da agricultura na economia da região norte do Paraná não deve inibir a preocupação com a preservação do ambiente, mas deve-se pensar em otimizar as áreas com grande potencial agrônômico para que as florestas ciliares não sejam utilizadas para o fim econômico e sim fazer uso de seu grande potencial que é a conservação da água, do solo e da biodiversidade.

Para a bacia em estudo, a pluviosidade interfere de forma significativa nas atividades agrícolas, cuja economia da região está baseada, e devido a grande variação espacial e temporal da precipitação na bacia do rio Pirapó sugere-se a utilização de calendários agrícolas diferenciados e precisos a fim de minimizar as perdas nas lavouras e otimizar as áreas de plantio. A espacialização da precipitação será altamente valiosa no zoneamento agroclimático para a bacia, incluindo a variação espacial das datas de plantio para as culturas anuais recomendadas para a área.

Neste contexto, se faz de grande importância, dentro do planejamento ambiental de uma bacia, conciliar o desenvolvimento econômico e a conservação do ambiente, para que uma atividade não venha a inibir a relevância da outra, mas sim ambas crescerem e se aperfeiçoarem conjuntamente. Sendo assim, a preocupação com a melhor qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos da bacia, a minimização dos efeitos do escoamento superficial no ambiente e na agricultura, o aumento das áreas de floresta ciliar e a otimização das áreas agricultáveis com a menor agressão ao ambiente são temas que devem ser cada vez mais estudados e planejados, a fim de garantir o crescimento econômico e também conservar o ambiente.

4.2 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO BALANÇO HÍDRICO PARA A BACIA DO RIO PIRAPÓ

4.2.1 BALANÇO HÍDRICO PARA OS ANOS ATÍPICOS SECOS

Para entender o comportamento da disponibilidade de água no solo em função do tempo foram escolhidos os anos que representam as situações mais críticas de falta e excesso de água no solo, chamados anos atípicos, ou padrões. Galiani et al. (2011) determinaram que para a bacia do rio Pirapó, dentro o período de 1976 a 2010, os anos de 1978, 1985, 1988 e 2005 se comportam como atípicos secos.

A Figura 7 apresenta o balanço hídrico calculado para o ano padrão seco de 1978, para os postos de Arapongas, Colorado, Jardim Olinda, Nova Esperança e Rolândia, sendo que a falta de dados pluviométricos para os postos de Maringá, Iguaçu e Astorga não permitiu o cálculo do balanço hídrico para os mesmos.

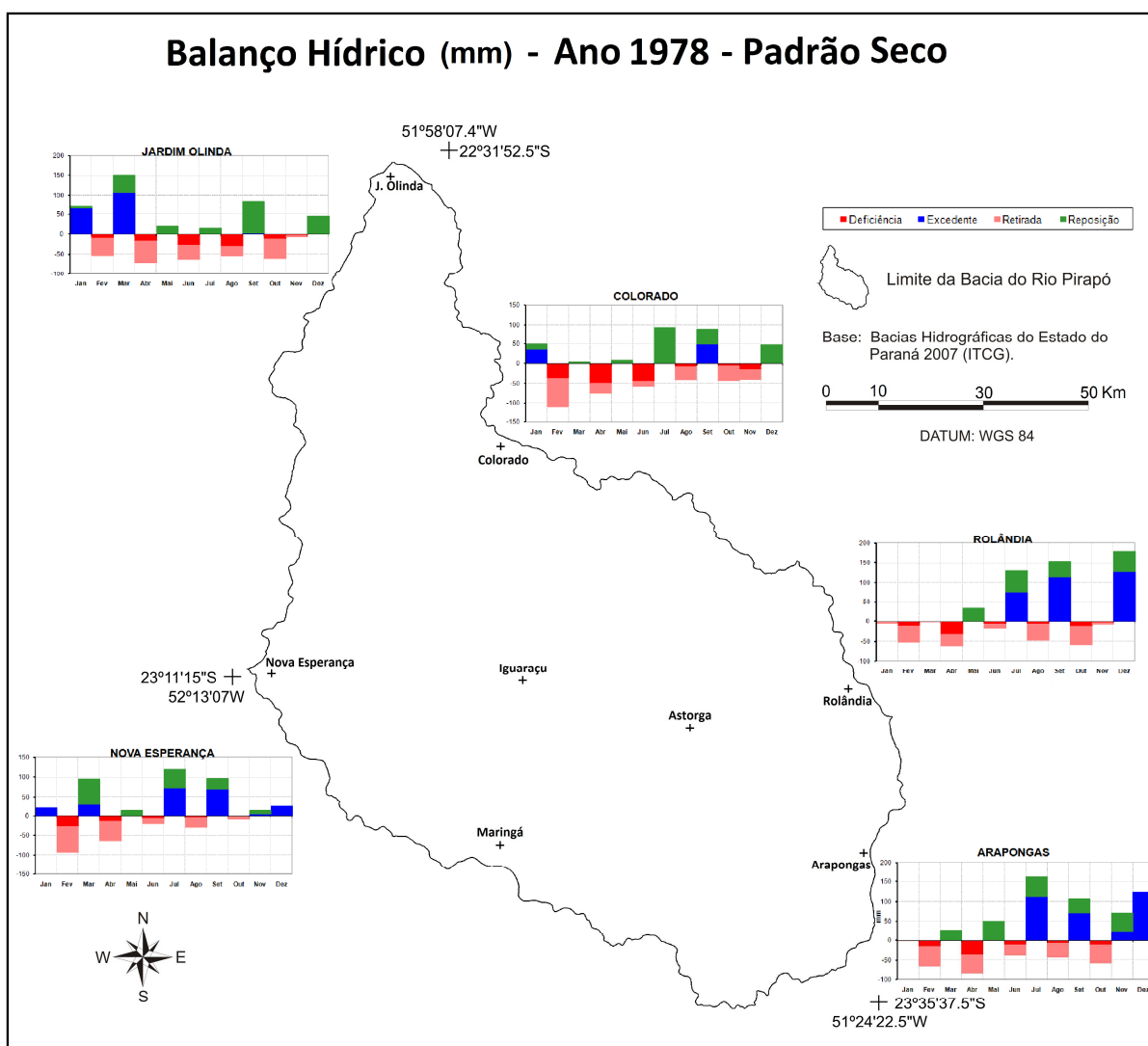


Figura 7 – Balanço hídrico mensal para o ano de 1978.**Fonte: A autoria Própria.**

Para o ano de 1978 é perceptível a variação no comportamento do excedente e na deficiência hídrica dentre os postos, para o posto de Colorado, região nordeste da bacia, a deficiência hídrica se mostrou mais acentuada, com valores ultrapassando os $40 \text{ mm}\cdot\text{mês}^{-1}$ e com duração de aproximadamente 9 meses.

Dentre os postos, dos quais foi possível calcular o balanço hídrico, para o ano de 1978, a região que menos sofreu com a escassez de água no solo, neste ano, foi a noroeste, como mostram os valores do posto de Nova Esperança, onde os valores de deficiência hídrica ficaram em torno de 20 mm e a duração aproximadamente 3 meses.

Segundo Bucene (2008) se tratando de deficiência hídrica, o interessante é identificá-la principalmente nos meses em que não é comum a sua ocorrência, ou seja, que não se espera por ela, como por exemplo, nos meses de janeiro, fevereiro e março. Nos meses em que a deficiência hídrica já é esperada, como junho, julho e agosto, acredita-se apenas em uma confirmação do acontecimento.

Neste contexto, para a bacia do rio Pirapó no ano de 1978, para todos os postos analisados, ocorreu deficiência hídrica nos meses menos comuns de ocorrência como Janeiro, Fevereiro e Março. Ainda contrariamente ao esperado, os postos de Colorado, Nova Esperança, Rolândia e Arapongas apresentaram excedente hídrico nos meses de menor ocorrência do fenômeno, Junho, Julho e Agosto.

Conforme a Figura 8, o balanço hídrico para o ano de 1985 se comporta de maneira variada ao longo do tempo e espaço. As diferenças temporais e espaciais podem ser verificadas nos distintos valores que a deficiência e o excedente hídrico apresentam durante os meses do ano em diferentes regiões. O mês de Fevereiro, por exemplo, apresenta deficiência hídrica nos postos, Jardim Olinda, Colorado, e Rolândia, e contrariamente, o mesmo mês apresenta excedente hídrico para os postos de Nova Esperança, Astorga, Maringá e Arapongas.

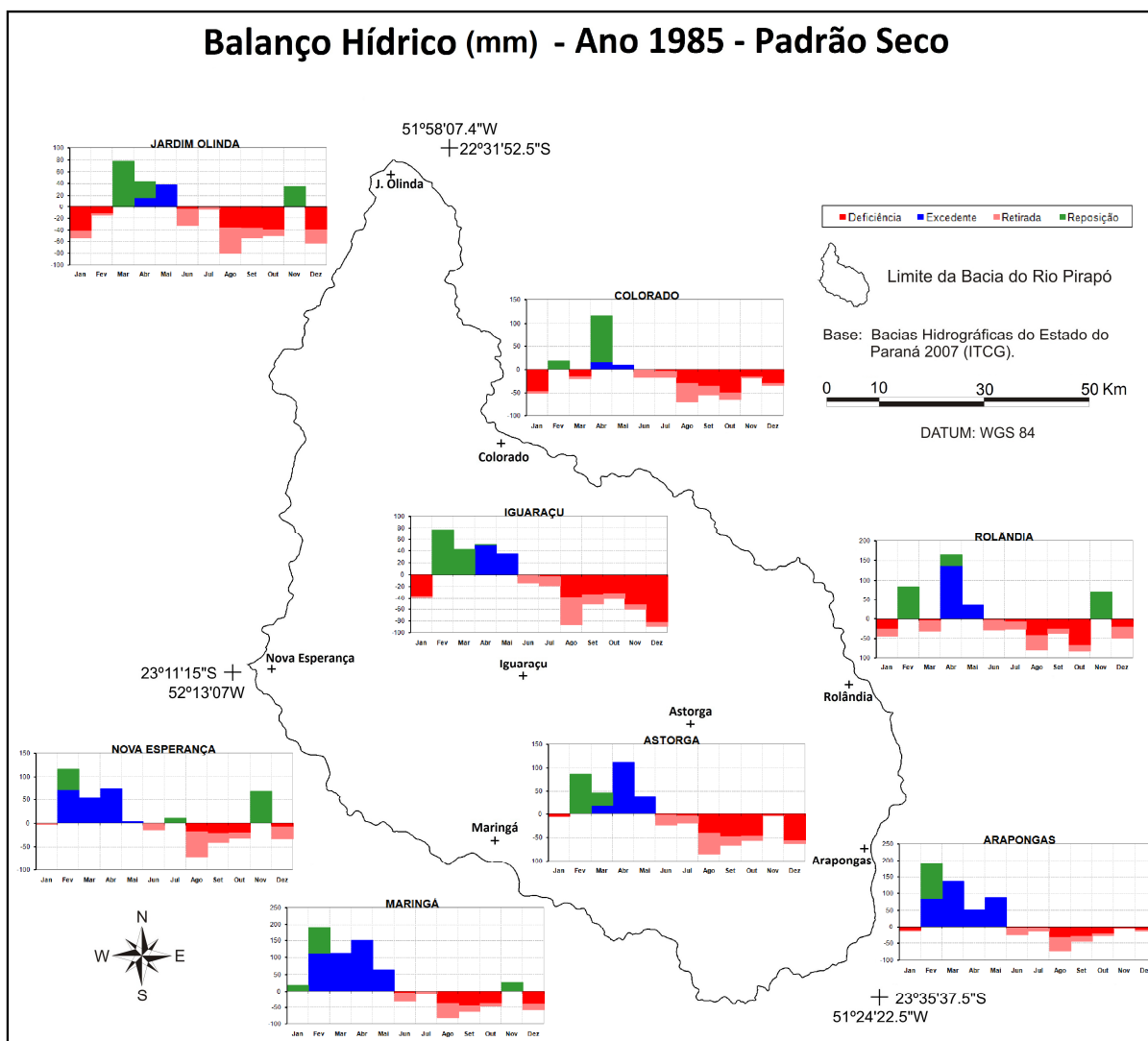


Figura 8 – Balanço hídrico mensal para o ano de 1985.

Fonte: Autoria Própria.

Neste ano, o mês de Dezembro para o posto de Iguaçu apresentou o maior valor de deficiência hídrica registrado para todos os anos analisados, $82 \text{ mm}\cdot\text{mês}^{-1}$.

Observando a Figura 9 é possível verificar que para o ano de 1988 a região central da bacia apresentou os menores valores de água disponível no solo, como mostra o cálculo do balanço hídrico do posto de Iguaçu. Esta deficiência chegou a 68 mm no mês de Setembro, totalizando $297 \text{ mm}\cdot\text{ano}^{-1}$ (Tabela 2), sem haver nenhum mês apresentando excedente hídrico.

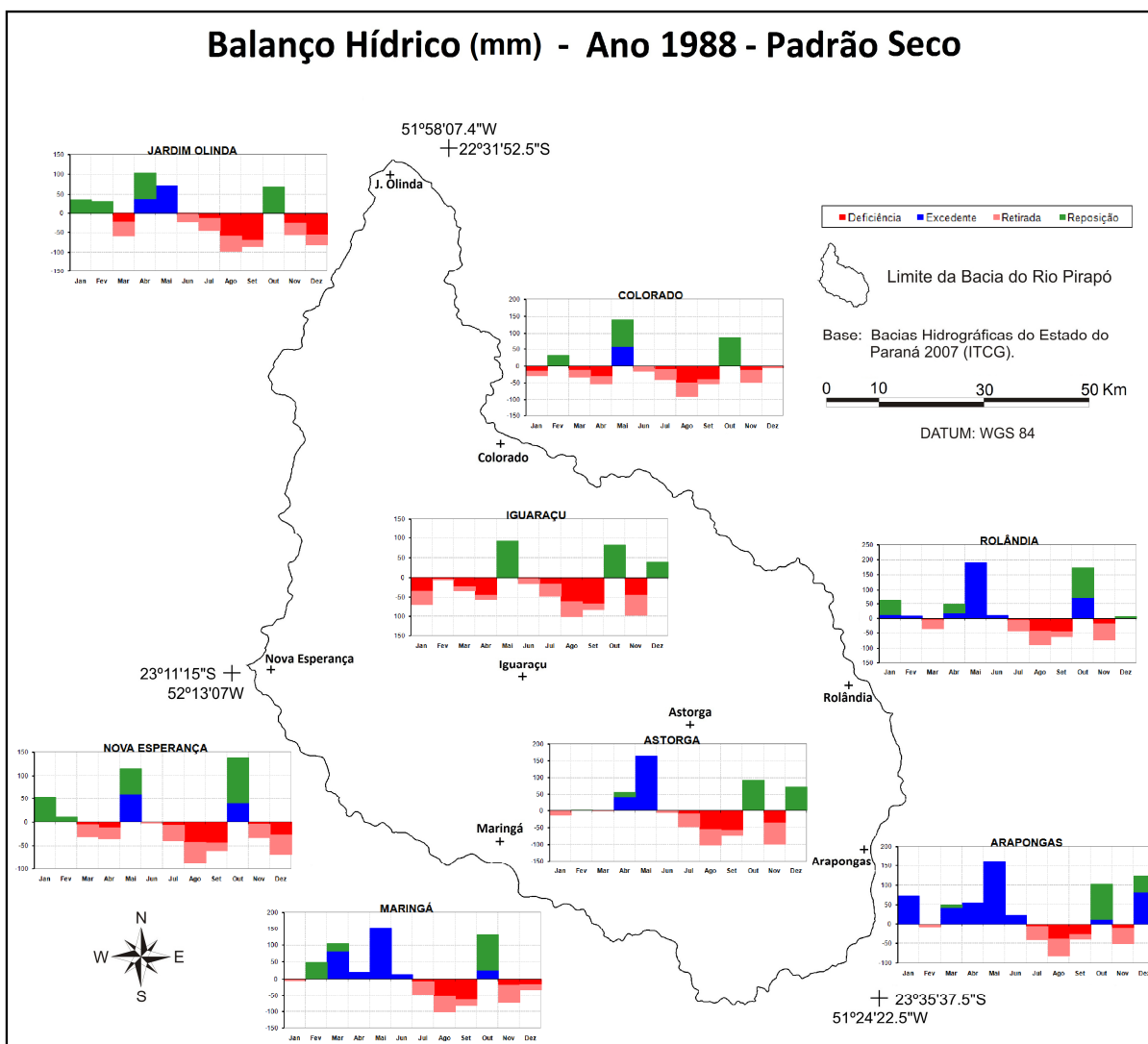


Figura 9 – Balanço hídrico mensal para o ano de 1988.

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 2. Deficiência hídrica anual para os anos atípicos secos, (mm).

Ano	Posto							
	Colorado	J. Olinda	Maringá	Arapongas	Iguaçu	Astorga	Rolândia	N. Esperança
1978	164,3	100,7	*	80,1	*	*	73,3	51,5
1985	223,7	211,8	164,7	120,2	279,6	206,6	197,8	69,2
1988	173,5	245,7	161,4	82,9	296,7	163,3	118,1	140,5
2005	210,7	323,5	255,5	100,4	214	201	156,9	178,9

Devido aos altos valores que a deficiência hídrica demonstrou nos anos analisados, fica evidente a preocupação com a necessidade de irrigação para a área

de estudo, a fim de que não haja perdas significativas nas atividades agrícolas. Santos et al. (2010) afirmam que os dados gerados por estudos de deficiências de água no solo favorece ao planejamento agropecuário, ou seja, disponibiliza informações que permitem aos produtores identificar as fragilidades climáticas, sendo uma ferramenta essencial para o sucesso de um empreendimento agrícola, que inclui a decisão de optar ou não por sistemas de irrigação para suprir a deficiência hídrica no solo.

A intensa atividade agrícola na bacia do rio Pirapó preocupa por sua influência na economia e também nos impactos que causou e ainda causa na conservação do ambiente. Devido a este fato deve-se levar em consideração buscar melhorias para o desenvolvimento agrônomo da região norte do estado do Paraná, porém, a conscientização sobre os cuidados com a conservação do ambiente da mesma forma deve ser intensificada, uma vez que haja otimização na produção agrícola, maiores áreas devem ser preservadas a fim de garantir o desenvolvimento sustentável para a bacia.

Os resultados observados nas Figuras 7, 8, 9, e 10 evidenciam que pode haver necessidade de irrigação de áreas agricultáveis na bacia, a fim de minimizar as perdas da deficiência hídrica no solo. Segundo diversos autores, com a utilização da água dos cursos hídricos para irrigação são gerados impactos ambientais adversos ao solo, à disponibilidade e qualidade da água, à saúde pública e a biodiversidade. Estes impactos provêm do fato de grande parte da água captada para irrigação não retorna ao manancial de origem, alterando assim a disponibilidade espacial e temporal da água (BERNARDO, 1997; RODRIGUES E IRIAS, 2004; ONGLEY, 1996).

É fato que a irrigação é uma atividade de grande necessidade e traz muitos benefícios à agricultura, porém, devido aos problemas ambientais comentados causados pela mesma, atenta-se para o fato da correta utilização dos recursos naturais disponíveis na bacia hidrográfica do rio Pirapó, para que os impactos ambientais das atividades agrícolas e da irrigação venham a impactar de forma menos significativa a qualidade e disponibilidade de elementos essenciais como, por exemplo, a água e o solo.

A distribuição da precipitação, ao longo de todas as escalas de análise (Figuras 3, 4, 5 e 6), evidencia que as regiões sul e sudeste da bacia (montante) venham a garantir maior disponibilidade de água no ambiente, porém, segundo a

análise das Figuras 7, 8, 9 e 10 a região central e norte (montante) apresentam os maiores índices de deficiência hídrica no solo, evidenciando desta maneira a necessidade do planejamento do uso dos recursos hídricos na bacia, pois a maior distribuição da água precipitada na bacia não condiz com as áreas que necessitam de irrigação para agricultura.

A importância de conhecer o comportamento da deficiência hídrica no solo é indiscutível, pois, muitos são os efeitos que a deficiência hídrica do solo pode causar no crescimento e desenvolvimento das plantas, como demonstrou os resultados obtidos por Santos e Carlesso (1998), Machado e Furlani (1985), Heinemann e Stone (2009) e Calvache et al. (1997) onde com a falta de água no solo os vegetais responderam com decréscimo da produtividade e da produção, má distribuição e menor desenvolvimento do sistema radicular, fechamento precoce dos estômatos, redução da florada e menor tempo de retenção dos frutos.

Estes estragos, causados pela falta de água no solo, ocasionam uma menor produção, menor rentabilidade econômica e a necessidade da ampliação das áreas agricultáveis sobre áreas nativas, se tornando desta forma um problema econômico, social e ambiental.

Neste contexto, vale ressaltar que áreas florestais podem suportar melhor a variação da disponibilidade hídrica no solo, devido à maior umidade retida pela cobertura florestal, pela concentração de restos vegetais e matéria orgânica acima do solo (serrapilheira), também devido ao fato que muitas das espécies florestais possuem raízes profundas que facilitam a infiltração de água no solo, além disso, de certa maneira ocorre a geração de um microclima florestal onde a temperatura ambiental tende a ser menor, diminuindo assim a perda de água no solo por evaporação, dentre outros fatores, que tornam as florestas mais resistentes a esse fenômeno climático.

Analisando o balanço hídrico para o ano de 2005 (Figura 10) pode-se observar que tanto o excedente quanto a deficiência hídrica se comportam de maneira muito semelhante para todos os postos. Tal fato pode ser explicado devido à uniformidade na distribuição da precipitação ao longo da bacia para este ano, os valores pluviométricos proximamente distribuídos em diferentes regiões da bacia, propiciaram para que os valores de deficiência e excedente hídrico fossem igualmente similares, mesmo com as diferenças de temperatura e relevo da área de estudo.

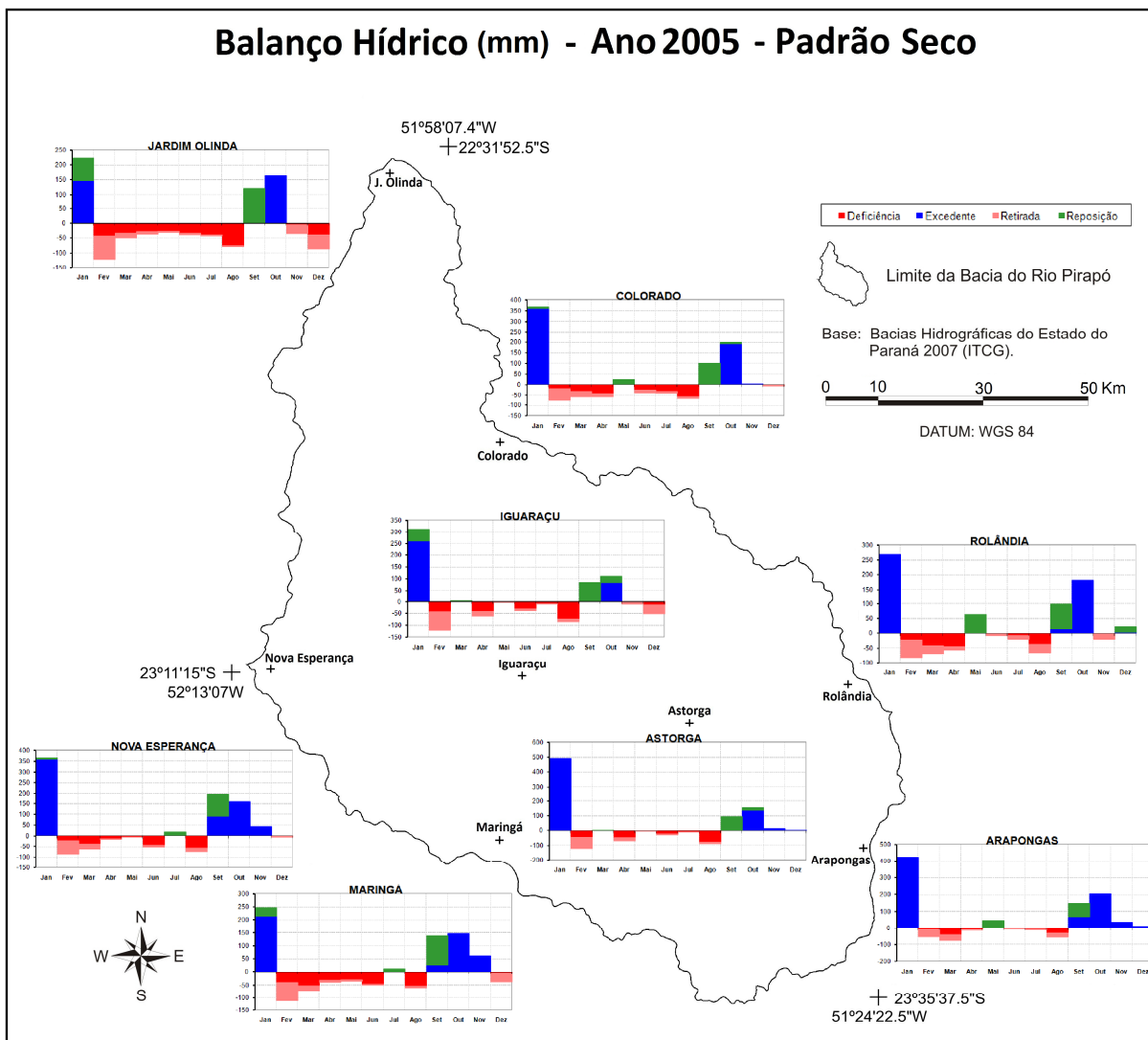


Figura 10 – Balanço hídrico mensal para o ano de 2005.

Fonte: Autoria Própria.

Neste mesmo ano, o posto de Astorga apresentou 490 mm de excedente hídrico no mês de Janeiro e 76 mm de déficit hídrico no mês de Agosto, mostrando que mesmo com a regularidade espacial do balanço hídrico existe a irregularidade temporal na disponibilidade de água no solo durante o ano.

A região norte da bacia, em torno dos postos de Jardim Olinda, Colorado e Iguaçu, para todos os anos, apresentou maiores valores de deficiência hídrica, e maiores períodos de escassez de água no solo, se tornando desta maneira a região com maior probabilidade de ocorrência de déficit de água no solo, o que pode acarretar grandes perdas nas lavouras ou ainda aumentar a necessidade de irrigação das mesmas.

De forma contrária, a região sudeste e sudoeste, referentes aos postos de Maringá, Araçongas e Rolândia, apresentaram menores valores de deficiência hídrica e menor duração do fenômeno durante o ano. Desta forma se faz uma região com menor possibilidade de sofrer com as conseqüências da deficiência hídrica, apta a obter maior rendimento nas lavouras e poupar a água a ser utilizada para a irrigação.

4.2.2 BALANÇO HÍDRICO PARA OS ANOS ATÍPICOS CHUVOSOS

Os anos atípicos chuvosos também foram determinados por Galiani et al. (2011). Os autores apontaram os anos de 1980, 1983, 1998 e 2009 como “padrão” chuvoso, dentro de uma escala temporal de 1976 a 2010.

Os postos de Rolândia e Araçongas, para o ano de 1980 (Figura 11), não apresentaram valor de déficit hídrico em nenhum mês, todos mostraram elevados valores de excedente hídrico, o posto de Colorado foi o que apresentou o maior valor de água disponível no solo, 310 mm no mês de Dezembro.

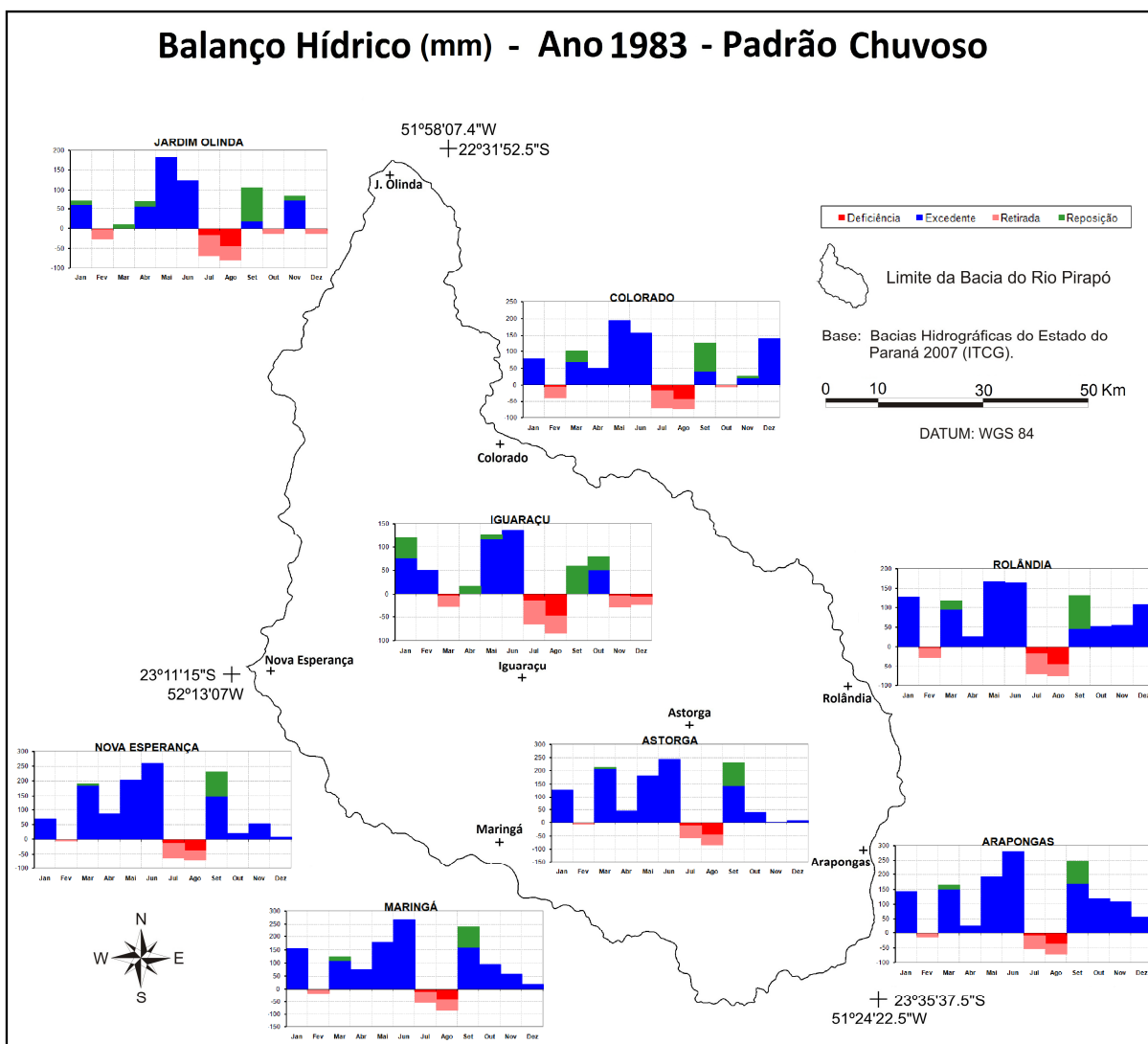


Figura 12 – Balanço hídrico mensal para o ano de 1983.

Para os anos atípicos chuvosos a variação espacial e temporal do balanço hídrico é menos acentuada, porém, para o ano de 1998 (Figura 13) a variação dessa variável entre os postos de Arapongas e Jardim Olinda fica evidente, onde o primeiro apresenta $1169 \text{ mm}\cdot\text{ano}^{-1}$ de excesso de água enquanto o segundo apenas $714 \text{ mm}\cdot\text{ano}^{-1}$ (Tabela 3).

Para todos os anos analisados o maior excedente hídrico mensal encontrado foi para o ano de 2009 e o mês de Janeiro com 381 mm. Na escala anual o posto de Rolândia no ano de 2009 apresentou o maior excedente hídrico acumulado anual com $1417 \text{ mm}\cdot\text{ano}^{-1}$ (Tabela 3).

O excedente hídrico, ao atingir altos valores, indica que a capacidade do solo em reter água está completa e assim o solo se encontra saturado, o que posteriormente implica no início do escoamento superficial, caso a precipitação continue. Conforme os resultados obtidos por (Carvalho et al., 2000) no período de excedentes hídricos é de se esperar maiores contribuições de sólidos devido ao carregamento de sedimentos em função do escoamento superficial.

Com a saturação do solo por água e a ocorrência de chuvas consecutivas o escoamento superficial tem início e com ele podem surgir graves problemas ambientais como erosão e lixiviação do solo, gerando conseqüentemente o assoreamento dos corpos hídricos. Para evitar estes problemas, para a bacia do rio Pirapó, se faz necessária a preocupação com a cobertura do solo nos períodos que o excedente hídrico é mais acentuado, nos meses de janeiro a março e setembro a dezembro.

O conhecimento dos períodos de ocorrência de excedentes hídricos segundo Silveira et al. (2011) permite saber as épocas que ocorre percolação e abastecimento do lençol freático da bacia hidrográfica em estudo.

Nesta temática, Brandão et al. (2009) complementam afirmando que é de grande valia resultados que proporcionem o melhor conhecimento do processo de infiltração da água no solo. Segundo os autores estes estudos fornecem subsídio para o dimensionamento de estruturas de controle de erosão e inundação numa bacia hidrográfica, além disso, são úteis para definir práticas de uso e manejo do solo, que sejam capazes de reduzir a erosão do solo a níveis considerados como toleráveis, minimizando os impactos ambientais e econômicos.

O balanço hídrico influencia de forma significativa a ocorrência do escoamento superficial, tal fenômeno por sua vez exerce influência no transporte de sedimentos do solo, porém, é plausível analisar também outras variáveis como as características pedológicas, geomorfológicas e o uso do solo da bacia, para que este conhecimento integrado possa gerar informações mais completas referentes à probabilidade de ocorrência de erosão na bacia hidrográfica do rio Pirapó.

5 CONCLUSÃO

Para a bacia do rio Pirapó, na maioria dos meses analisados, a distribuição da precipitação ocorre de forma mais concentrada à montante da mesma levantando desta maneira grande preocupação com o correto manejo do solo nesta região, para que a probabilidade de ocorrência do escoamento superficial em níveis prejudiciais ao ambiente e à sociedade seja minimizada.

A distribuição espacial da pluviosidade na escala sazonal para a estação do verão demonstrou que os maiores valores de precipitação foram registrados na porção sul com leve inclinação para a sudeste, ultrapassando os 560 mm de pluviosidade. A estação do outono apresentou uma distribuição muito semelhante a do verão, porém com uma redução significativa nos valores espacializados da pluviosidade da montante à jusante da bacia. O inverno possui os menores valores da pluviosidade espacializada durante todo o ano, com valores maiores à jusante e menores à montante da bacia. A estação da primavera se diferenciou das outras devido à presença de um núcleo bem definido, no centro, seguido pela jusante da bacia, apresentando os menores valores de pluviosidade.

Segundo a análise da distribuição espacial anual da pluviosidade para a área de estudo constata-se que os maiores valores acumulados foram registrados na porção sul-sudeste da bacia (acima dos 1600 mm). A distribuição da precipitação apresenta uma evidenciada gradativa diminuição da montante em direção à jusante da bacia, atingindo os menores valores ao norte da área de estudo, com 1360 mm de pluviosidade. A variação média espacial da distribuição da precipitação, quando comparadas à montante e jusante, é de 300 mm.

A análise dos resultados da distribuição espacial da pluviosidade para a bacia do rio Pirapó evidencia a variação espacial e temporal da distribuição da precipitação nas escalas mensal, sazonal e anual, também constatada anteriormente por outros autores.

O cálculo e espacialização do balanço hídrico demonstraram que para a região norte da bacia, em torno dos postos de Jardim Olinda, Colorado e Iguaraçu, para todos os anos, apresentou maiores valores de deficiência hídrica, e maiores períodos de escassez de água no solo, se tornando desta maneira a região com maior probabilidade de ocorrência de déficit de água no solo, o que pode acarretar

grandes perdas nas lavouras ou ainda aumentar a necessidade de irrigação das mesmas.

Para todos os anos analisados a deficiência hídrica se comportou de forma muito variada ao longo do tempo e espaço. As diferenças temporais e espaciais foram verificadas nos distintos valores que a deficiência apresentou durante os meses do ano em diferentes regiões.

Para os anos atípicos chuvosos a variação espacial e temporal do balanço hídrico foi menos acentuada. Para todos os postos, em todos os anos analisados, os maiores valores de excedente estão concentrados na parte Leste e Sudeste da bacia. Em todos os anos analisados o maior excedente hídrico mensal encontrado foi para o ano de 2009 no mês de Janeiro com 381 mm. Na escala anual o ano de 2009 também apresentou o maior excedente hídrico com $1417 \text{ mm}\cdot\text{ano}^{-1}$.

O conhecimento da dinâmica da deficiência e do excedente hídrico é de extrema importância para o melhor desenvolvimento econômico e ambiental da bacia do rio Pirapó, afinal, estes fenômenos influenciam diretamente o crescimento e desenvolvimento das plantas, a percolação e abastecimento do lençol freático, a disponibilidade de água no ambiente, o ciclo hidrológico da bacia e também o escoamento superficial que pode acarretar graves consequências para o ambiente e para a economia da região.

A distribuição da precipitação numa bacia hidrográfica pode influenciar muitas outras variáveis ambientais, algumas delas possuem a capacidade de interferir na qualidade do meio ou até mesmo em atividades econômicas e sociais. A qualidade das águas dos rios, a vazão dos cursos d'água e o escoamento superficial são exemplos de variáveis que provavelmente sofrem influência da distribuição da pluviosidade dentro da bacia hidrográfica do rio Pirapó.

A espacialização e análise do balanço hídrico e da pluviosidade para a bacia do rio Pirapó geraram dados e resultados satisfatórios para o melhor conhecimento da dinâmica desses fenômenos hidrológicos na área de estudo, estes devem servir de base para outros estudos que venham a discutir o melhor planejamento das atividades impactantes ao ambiente para que seja garantido o desenvolvimento econômico e também a preservação ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR NETTO, Antenor O. et al. Balanço hídrico na bacia hidrográfica do rio Siriri, Sergipe. Ln: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18. 2009. Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2009. p. 1-11.

ALENCAR, Danielle B. S. de, SILVA, Cícero L. da; OLIVEIRA, Carlos A. da S. Influência da precipitação no escoamento superficial em uma microbacia hidrográfica do Distrito Federal. **Eng. Agríc.**, Abr 2006, vol.26, no.1, 2006. p.103-112.

ANDRIUCCI, Lays R.; SANT'ANNA NETO, João L.; FERREIRA, Maria E. M. C. **Análise da Variabilidade e Tendência das Chuvas e a Descrição da Produção Agrícola na Bacia do rio Pirapó-PR. Boletim de Geografia**, Maringá, 20, n.1, 2002. p.41-57.

ANJOS, Isabel B. dos; NERY, Jonas T. **Variabilidade da precipitação pluviométrica e balanço hídrico em Maringá.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11. Rio de Janeiro, 2000. 832 p. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/12-66390f239d2520ed92d19aa2c63d69c2.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2012.

BERNARDO, Salassier. **Impacto ambiental da irrigação no Brasil.** In: SILVA, D.D. da; PRUSKI, F.F. (Ed.) Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura. Viçosa: MMA/SRH/ ABEAS/UFV, 1997. 252 p.

BORSATO, Vitor A.; SANT'ANNA NETO, João L. **Caracterização da produtividade do milho relacionado com a pluviosidade na bacia hidrográfica do rio Pirapó.** Maringá: UEM, 2005. p. 223-228.

BORSATO, Vitor A.; SANT'ANNA NETO, João L. Caracterização e análise da produtividade do trigo relacionada à pluviosidade na bacia hidrográfica do rio Pirapó. **Boletim de Geografia**, Maringá, 20, n.1, 2002. p.33-57.

BOTELHO, Rosângela G. M.; SILVA, Arnildo S. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil.** 1.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p.153-157.

BRANDÃO, Viviane S.; PRUSKI, Fernando. P.; SILVA, Demetris D. **Infiltração da água no solo.** 3.ed. Viçosa: UFV, 2009. 120p.

BRITTO, Fabiane; BARLETTA, Rodrigo; MENDONÇA, Magaly. Regionalização sazonal e mensal da precipitação pluvial máxima no estado do rio grande do sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, Associação Brasileira de Climatologia. Presidente Prudente, SP. v. 02, n. 02, 2006. p. 35-51.

BUCENE, Luciana C. **MINERAÇÃO DE DADOS CLIMÁTICOS PARA PREVISÃO LOCAL DE GEADA E DEFICIÊNCIA HÍDRICA**. 2008. 562f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

BUFON, André G.M.; TAU-K-TORNISIELO, Sâmia M.; LAURINO JÚNIOR, Vito; MARAMARQUE, José R.. Índices de pluviosidade em duas microbacias da bacia do rio Mogi-Guaçu, Estado de São Paulo, Brasil. **Holos Environment**, Rio Claro, v. 3, n. 2, 2003. p.14-22.

CADAVID GARCÍA, Eduardo A. **Zoneamento agroecológico e sócio-econômico da bacia hidrográfica brasileira do Rio Paraguai**: uma abordagem numérica preliminar. Corumbá: Embrapa-CPAP, 1991. p.14-22.

CALVACHE, Antonio. M.; REICHARDT, Kelly; MALAVOLTA, Emerson; BACCHI, Olívio O. S. Efeito da Deficiência Hídrica e da Adubação Nitrogenada na Produtividade e na Eficiência do uso de Água em uma Cultura de Feijão. **Scientia agricola**, vol.54, no.3, 1997. p.232-240.

CARVALHO, Newton O.; FILIZOLA JUNIOR, Naziano P.; SANTOS, Paulo M. C.; LIMA, Jorge E. F. W. **Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios**. Brasília: ANEEL / Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000. 132p. Acessado em: 23/07/2012 - Disponível em: < Acessado em: 03/05/2012 - Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/iap/arquivos/File/programas_e_projetos/Pirapo.pdf>

COELHO, Eugênio F.; COELHO FILHO, Maurício A. SIMÕES, Welson L.; COELHO, Ygor S. **Irrigação em citros nas condições do nordeste do Brasil**. Laranja, Cordeirópolis, v.27, n.2, 2006. p.297-320.

DZIUBATE, Elielton R.; BALDO, Maria. C.; GALIANI, Diego. L. A. **Distribuição Espacial e Temporal da Pluviosidade na Bacia do rio Pirapó-PR**. In: XVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR, 2011, Ponta Grossa - PR. v. 16, Ambiental, 2011. p.1-6.

FACCO, Alexandre G. **Modelagem do balanço hídrico em microbacia hidrográfica com plantio de eucalipto**. 2008. 115 f. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola), Universidade de Viçosa, Viçosa, 2008.

FRANCO, Assunção R. **Planejamento ambiental para a cidade sustentável**. São Paulo: Annablume, Blumenau: Ed. da FURB, 2001. 296 p.

FILL, Heinz D.; SANTOS, Irani dos; FERNANDES, Cristovão ; TOCZECK, André ; OLIVEIRA, Mariana F. de. Balanço Hídrico da Bacia do Rio Barigüi, PR. **R. RA´E GA**. Editora UFPR. Curitiba, n. 9, 2005. p. 59-67.

FERRETI, Elaine R. A bacia hidrográfica - questões metodológicas. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Aplicada/ Fórum Latino-Americano de Geografia Física Aplicada, 7/2., 1997, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, Departamento de Geografia, 1997. 33p.

GALIANI, Diego L. A.; BALDO, Maria. C.; DZIUBATE, Elielton R. **Caracterização Espacial da Deficiência e do Excedente Hídrico na Bacia do rio Pirapó - PR**. In: XVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR, 2011, Ponta Grossa - PR. Ambiental. v. 16. 2011. p. 1-6.

SILVEIRA, Adalfran H. M. ; BALDO, Maria C. ; DZIUBATE, Elielton R. **Análise do Balanço Hídrico e sua Contribuição no Processo de Abastecimento de d'água na Cidade de Natal/RN**. In: VI Simpósio Internacional de Climatologia, 2011, João Pessoa - PB. v.5, 2011. p.5-12.

GALVINCIO, Josiclêda D. et al. Balanço Hídrico à Superfície da Bacia Hidrográfica do Açude Epitácio Pessoa. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos** v.11, 2, 2006. p.135-146.

HEINEMANN, Alexandre B.; STONE, Luiz F. Efeito da deficiência hídrica no desenvolvimento e rendimento de quatro cultivares de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, 2009. p.134-139.

IAP - INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ – **Bacias dos rios Pirapó e Paranapanema III e IV**, 2010. Acessado em: 03/05/2012 - Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/iap/arquivos/File/programas_e_projetos/Pirapo.pdf>

IPCC. Climate change 2001: Impacts, adaptation, and vulnerability. In: MCCARTHY, J.J. **Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the**

Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. p.1032.

LANGE-FILHO, Gerson; VESTENA, Leandro R. Análise multitemporal da disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do Ernesto - Pitanga/PR. **Revista Espaço e Geografia**, v. 13, 2010. p. 73-95.

LANNA, Antônio E. L. **Gerenciamento de Bacia Hidrográfica: Aspectos Conceituais e Metodológicos.** 1. ed. BRASÍLIA: IBAMA, v. 1. 1995. 171p.

LIMA, Walter. P. **Hidrologia Florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas.** ESALQ/USP: Piracicaba, 2ed. 2008, 245p.

LOPES, José C. J. **Água, fator limitante do desenvolvimento: a região de Maringá – PR.** 2001. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, p. 67, 2001.

MAACK, Reinhard. **Geografia Física do Estado do Paraná.** Curitiba: Badep: UFPR, 1968. 438 p.

MACHADO, Eduardo C.; FURLANI, Pedro R. Deficiência hídrica no consumo de água de dois cultivares de milho crescidos em solução nutritiva. **Bragantia**, vol.44, n.1, 1985. p.493-504.

MAGNUSSON, William. E. Estatística, delineamento e projetos integrados: a falta de coerência no ensino e na prática. **Brazilian Journal of Ecology**, Rio Claro, v. 3, n. 1, 1999. p. 37-40.

MARTINEZ, Maurílio. **Aplicação de parâmetros morfométricos de drenagem na bacia do rio Pirapó: O perfil longitudinal.** Maringá, 2004. 96f. Dissertação (Mestrado em análise regional e ambiental) - Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005.

MELO, Evanisa. F. et al. **Zoneamento ambiental da APA Sagrisa-Pontão**, 1. ED. Santa Rosa: O Lutador Editora, 2006. p. 533.

MENDONÇA, Francisco A. Contribuição do zoneamento climático na elaboração do diagnóstico ambiental de bacias hidrográficas: o exemplo da bacia do Rio Tibagi – PR. **Boletim Climatológico.** Presidente Prudente, v.2, n.3, 1997. p.118-121.

MEYER, Leonard D.; FOSTER, Gabriel R. & RÖMKENS, Matt J.M. **Source of soil eroded by water from upland slopes**. In: Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources. Washington, USDA-Agricultural Research, 1975. p.177-189.

MONTEIRO, Carlos A. F. **O clima e a organização do espaço no Estado de São Paulo: problemas e perspectivas**. Série Teses e Monografias, nº28, São Paulo: USP/IGEOG, 1976. 154 p.

MOTA, Marcelo R.; MEDEIROS Carlos M. Balanço hídrico da região de Manaus – AM. **Ciências Agrárias e Ambientais: Revista da UFAM** v.10, 2, 2002. p.73-78.

NEVES, Celso B. **Zoneamento ambiental da estação ecológica da Universidade Federal de Minas Gerais**. 2002. 126f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

NOBRE, Carlos A.; SELLERS, Piers J.; SHUKLA, Jagdish. Amazonian deforestation and regional climate change. **Journal of Climate**, v. 4, 1991. p. 957-987.

ONGLEY, Edwin D. **Control of water pollution from agriculture: fao irrigation and drainage**. Rome: FAO, 1996. p.101.

ORTOLANI, Altino A.; PINTO, Hilton S.; PEREIRA, Aildson R; ALFONSI, Rogério R. Parâmetros climáticos e a cafeicultura. **Relatório preliminar sobre as interações de parâmetros climáticos e a cafeicultura nos Estados do Espírito Santo, Paraná e Minas Gerais**. São Paulo: Seção de climatologia agrícola/Instituto agrônômico da secretaria da agricultura do Estado de São Paulo, 1970, 27p.

PABLO, Carlos. T. L. de. Cartografia ecológica: conceptos e procedimientos para la representación espacial de ecosistemas. **Boletín da Real Sociedad Española de la Historia Natural Sección Geológica**, Madri, v. 96, n. 1/2, 2000, p. 57-68.

PAREDES, Ernesto. A. **Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Pirapó, através das fotografias aéreas verticais**. Maringá, Universidade Estadual de Maringá, 1983, p. 34.

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

RODERJAN, Carlos V.; GALVÃO, Franklin; KUNIYOSHI, Yoshiko S.; HATSCHBACH, Gert G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná, Brasil. **Revista & Ambiente**, Santa Maria, v.24, 2002, 78-118.

RODRIGUES, Geraldo S.; IRIAS, Luiz J. M. **Considerações sobre os impactos ambientais da agricultura irrigada**. Jaguariúna, SP: Embrapa, 2004, p.7.

ROSS, Jurandyr L. S.; DEL PRETTE, Marcos E. Recursos Hídricos e as Bacias Hidrográficas: Âncoras do Planejamento e Gestão Ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, FFLCH: USP, n.12, 1998, p. 89-121.

SÁNCHEZ-ROMÁN, Rodrigo M.; FOLEGATTI, Marcos V.; ORELLANA-GONZALEZ, ALBA M. G. Situação dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.4, 2009, p.578-590.

SÁNCHEZ, Roberto O.; SILVA, Teresa C. da. Zoneamento ambiental: uma estratégia de ordenamento da paisagem. **Cadernos de Geociências**, Rio de Janeiro, n. 14, 1995, p. 47-53.

SANT'ANNA NETO, João L. Clima e Organização do Espaço. **Boletim de Geografia**, Maringá, n. 16, 1998, p. 118-131.

SANTOS, Gilmar O.; HERNANDEZ, Fernando B. T.; ROSSETTI, José C. Balanço Hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, nordeste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.4, 2010, p.142-149.

SANTOS, Reginaldo F.; CARLESSO, Reimar. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, 1998, p. 287-294.

SEMA - SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Bacias Hidrográficas Paraná: uma série histórica**, Curitiba, 2010. Disponível em:
<http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/corh/Revista_Bacias_Hidrograficas_do_Parana.pdf>. Acesso em: 31. mar. 2012.>

SENTELHAS, Paulo C.; PEREIRA, A.R.; MARIN, F.R.; **Balanços hídricos climatológicos do Brasil**. Piracicaba, Esalq/USP, 1999, CDRoom.

SETTI, Arnaldo S.; LIMA, Jorge E.F.W.; CHAVES, Adriana G.M; PEREIRA, Isabella C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 3.ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional das Águas, 2001. 328 p.

SILVA, Ana E. P.; ANGELIS, Carlos F.; MACHADO, Luiz A. T. de; WAICHAMAN, Andrea V. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazônica**. Universidade Federal do Amazonas. v. 38 n.4, 2008, p.733-742.

SILVA, João S. V.; SANTOS, Rozely F. Zoneamento para planejamento ambiental: vantagens e restrições de métodos e técnicas. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 21, n. 2, maio/ago. 2004, p.221-263.

SILVA, José. W.; GUIMARAES, Ednaldo. C.; TAVARES, Marcelo. Variabilidade temporal da precipitação mensal e anual na estação climatológica de Uberaba-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 03, maio/jun. 2003, p. 665-674.

SOUZA, Grecieli. P.; MARTINS, Maria de L. O. F.; NERY, Jonas T. **Variabilidade da precipitação na bacia hidrográfica do rio Pirapó**. XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz do Iguaçu – PR, 2002, p.1285-1290.

SOUZA, George T. de; BRICALLI, Luiza L.; MORETO, Marcelo A.; LIMA, Silma; CALENTE, Sueli. Água: Geopolítica Internacional e Propostas para um Estudo Integrado de Bacias Hidrográficas. **Geografares**, Vitória, n 3, 2002, p.69-77.

SOUZA, Marcelo L. **Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos**. RJ, Bertrand Brasil, 2002. 560p.

THORNTHWAITE, Charles W.; MATHER, John R. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955, p.104.

TONETTI, Silvano; SANTOS, Lucas. J. C., **Avaliação do uso e ocupação do solo (1986 e 2000) e da fragilidade ambiental da bacia do rio Iraizinho – Piraquara-PR**. In: X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2003, 9 p.

VAREJÃO-SILVA, Mário A. **Climatologia e meteorologia**. Recife: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 2006, p. 430.

VESTENA, Leandro R.; LANGE FILHO, Gerson. Balanço hídrico da bacia do Rio Ernesto, Pitanga / PR - Brasil. **Terr@plural**, v.2, 2, 2008, p.323-335.

WHITEHEAD, Paul G. & ROBINSON, Mark. Experimental basin studies: an international and historic perspective of forest impacts. **Journal of Hydrology**. 1993, p. 217-230.

WONS, Iaroslav. **Geografia do Paraná**. Ed. Ensino Renovada Ltda. 4º edição Curitiba, 1982, 84p.

ZANDONADI, Leandro. **As chuvas na bacia do Paraná: aspectos temporais, espaciais e rítmicos**. 2009.122f. Dissertação de mestrado em Geografia - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro - SP, 2009.