

aa/bb/cc/dd-TDI

**ANÁLISE HIDROMETEOROLÓGICA E QUÍMICA EM UMA  
MICROBACIA, AFLUENTE DO RIO PARAÍBA DO SUL-SP,  
SUBMETIDA A AÇÕES DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL**

Lívia Alves Alvarenga

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, orientada pela  
Dra. Maria Paulete Pereira Martins.

O original deste documento esta disponível em:  
< <http://urlib.net/xx/yy> >

INPE  
São José dos Campos  
2012

## **PUBLICADO POR:**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.: (012) 3208-6923/6921

Fax: (012) 3208-6919

E-mail: [pubtc@sid.inpe.br](mailto:pubtc@sid.inpe.br)

## **CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELECTUAL DO INPE (RE/DIR-204):**

Presidente:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Membros:

Dra Inez Staciari Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dra Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dra Regina Célia dos Santos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Dr. Ralf Gielow - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr. Wilson Yamaguti - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr. Horácio Hideki Yanasse - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

## **BIBLIOTECA DIGITAL:**

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Deicy Farabello - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

## **REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:**

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

## **EDITORACÃO ELETRÔNICA:**

Vivéca Sant´Ana Lemos - Serviço de Informação e Documentação (SID)

aa/bb/cc/dd-TDI

## **ANÁLISE HIDROMETEOROLÓGICA E QUÍMICA EM UMA MICROBACIA, AFLUENTE DO RIO PARAÍBA DO SUL-SP, SUBMETIDA A AÇÕES DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL**

Lívia Alves Alvarenga

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, orientada pela  
Dra. Maria Paulete Pereira Martins.

O original deste documento esta disponível em:  
< <http://urlib.net/xx/yy> >

Cutter Alvarenga, Lívia Alves  
Análise hidrometeorológica e química em uma microbacia, afluente do rio Paraíba do Sul-SP, submetida a ações de preservação ambiental/ Lívia Alves Alvarenga. - São José dos Campos: INPE, 2012.  
i + 0p. ; (aa/bb/cc/dd-TDI)

Mestrado em Meteorologia Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais,  
São José dos Campos, ano 2012.  
Orientadora: Maria Paulete Pereira Martins.

1. Manejo integrado na microbacia do Ribeirão dos Macacos.
  2. A precipitação na microbacia do Ribeirão dos Macacos.
  3. Qualidade e quantidade de água na microbacia do Ribeirão dos Macacos.
- I. Análise hidrometeorológica e química em uma microbacia, afluente do rio Paraíba do Sul-SP, submetida a ações de preservação ambiental.

CDU

---

Copyright © 2011 do MCT/INPE. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada em um sistema de recuperação, ou transmitida sob qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico, mecânico, fotográfico, reprográfico, de microfilmagem ou outros, sem a permissão escrita do INPE, com exceção de qualquer material fornecido especificamente no propósito de ser entrado e executado num sistema computacional, para o uso exclusivo do leitor da obra.

Copyright © 2011 by MCT/INPE. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, microfilming or otherwise, without written permission from the INPE, with the exception of any material supplied specifically for the purpose of being entered and executed on a computer system, for exclusive use of the reader of the work.

**FOLHA DE APROVAÇÃO**  
**CONFECCIONADA PELO SPG E INCLUÍDA PELO SID.**



## RECEITA DE VIDA

Qual ...?

O dia mais belo?

A coisa mais fácil?

O obstáculo maior?

O erro maior?

A raiz de todos os males?

A distração mais bela?

A pior derrota?

Os melhores professores?

A primeira necessidade?

Que mais faz feliz?

O mistério maior?

O pior defeito?

A pessoa mais perigosa?

O sentimento pior?

O presente mais belo?

O mais imprescindível?

A receita mais rápida?

A sensação mais grata?

O resguardo mais eficaz?

O melhor remédio?

A maior satisfação?

A força mais potente do mundo?

As pessoas mais necessárias?

A coisa mais bela?

Hoje.

Equivocar-se.

O medo.

Abandonar-se.

O egoísmo.

O trabalho.

O desalento.

As crianças.

Comunicar-se.

Ser útil aos demais.

A morte.

O mau humor.

A mentirosa.

O rancor.

O perdão.

O lar.

O caminho correto.

A paz interior.

O sorriso.

O otimismo.

O dever cumprido.

A fé.

Os pais.

**O AMOR.**

**“Madre Tereza de Calcutá”**



Dedico a meus amados pais, Breno e Elen pelo apoio e amor incondicional.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois durante o período de realização dessa dissertação, fui iluminada para encontrar o melhor caminho que transformou sofrimento em tempo de profunda dedicação para crescimento e amadurecimento pessoal.

A minha família: pais, avós e a minha irmã Bruna pelo incentivo.

À Dra Maria Paulete Pereira Martins pela amizade, oportunidade e aprendizado adquirido.

Ao INPE e ao CNPq pela oportunidade e apoio financeiro à minha pesquisa.

Ao meu companheiro Fernando pela amizade, carinho, amor e compreensão.

Aos membros da banca examinadora pelas críticas e sugestões.

A todos os Professores do curso de pós-graduação em Meteorologia do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que contribuíram no meu aprendizado e desenvolvimento deste trabalho.

À Dra Luz Adriana Cuartas pelos ensinamentos em campo e apoio ao longo do trabalho.

Ao Instituto Oikos de Agroecologia e aos funcionários desta instituição que me ajudaram em campo e me disponibilizaram dados da microbacia do Ribeirão dos Macacos.

Às secretárias da pós-graduação e biblioteca pela disponibilidade e prontidão em ajudar na pesquisa.

A todos os colegas de curso pela saudável convivência, e em especial a Cláudia, Denilson, Fernando, Minella e Luciana.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para realização deste trabalho.



## RESUMO

Para se obter um melhor entendimento entre os diferentes processos hidrometeorológicos e suas interações, este estudo visa descrever e caracterizar uma microbacia em recuperação. Por meio desta pesquisa foi possível conhecer as diferentes práticas ambientais sustentáveis efetuadas, os eventos de precipitação e de variabilidade atmosférica, assim como, a qualidade e quantidade de água na microbacia. O Ribeirão dos Macacos, um afluente do Rio Paraíba do Sul, está localizado no estado de São Paulo, nos municípios de Lorena e Guaratinguetá. A pastagem é o padrão predominante de uso e ocupação do solo e a pecuária a principal atividade econômica. Na porção final da microbacia encontra-se o Instituto Oikos de Agroecologia, que vem realizando desde o ano de 2009 ações sustentáveis que visam minimizar os impactos das atividades antrópicas sobre esse sistema natural. Foi observado que os processos naturais são influenciados pelas atividades desenvolvidas na microbacia, desta maneira, muito ainda se deve fazer para obter um modelo integrado promissor, com práticas sustentáveis que proporcionem resultados de relevância quanto à melhoria local. Utilizando uma série de dados de precipitação (1999-2010), foi possível verificar na microbacia os anos mais úmidos (2008 e 2009) e os mais secos (2003 e 2007), que não foram diretamente associados com a maior e menor ocorrência de Sistemas Frontais por ano que atingiram a região. Nos verões, foi feita a associação da precipitação com os SF e ZCAS que atingiram a região, no entanto, também não foi encontrada relação direta, sugerindo que a ocorrência de precipitação no Vale do Paraíba, muitas vezes está associada à própria convecção local. Por meio dos 30 maiores eventos extremos de precipitação ocorridos na microbacia (1999-2010), obteve-se o ajuste da distribuição de Gumbel para máximos, assim foi feita a extrapolação de eventos extremos de precipitação para longos períodos de retorno (40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100 anos). Estes resultados obtidos são de grande valia no dimensionamento de obras de engenharia agrícola e civil na região. Pelo método de interpolação Krigagem utilizado, foi possível obter ajustes entre totais mensais e diários de precipitação interpolada, utilizando para isto os dados das Plataformas de Coleta de dados localizadas no Vale do Paraíba e os dados do Pluviômetro localizado na microbacia no Ribeirão dos Macacos. Em se tratando da qualidade da água na microbacia, foi feito o monitoramento dos parâmetros: temperatura, pH, condutividade e oxigênio dissolvido, em cinco pontos da microbacia. Por meio do acompanhamento de dados de vazão e altura da lâmina d' água, foi possível obter a "curva chave" em quatro pontos de monitoramento da qualidade da água e reconstruir as séries de vazões do Ribeirão dos Macacos. Por fim, no monitoramento da qualidade e quantidade de água, foi observado que o parâmetro temperatura da água foi o mais influenciado pela sazonalidade da vazão. Sendo assim, diversos fatores físicos podem ter contribuído na correlação dos outros parâmetros com a vazão, até mesmo as diferentes ações empregadas que visam uma maior sustentabilidade do meio na área deste estudo.



# **HYDROMETEOROLOGICAL AND CHEMICAL ANALYSIS IN A WATERSHED, TRIBUTARY OF THE RIO PARAÍBA DO SUL-SP, STOCK UNDER ENVIRONMENTAL PRESERVATION**

## **ABSTRACT**

To obtain a better understanding between different hydrometeorological processes and their interactions, this study aims to describe and characterize a watershed in recovery. Through this survey was possible to know the different sustainable environmental practices carried out, the events of precipitation and atmospheric variability, as well as, the quality and quantity of water in the watershed. The Stream of Monkeys, a tributary of Paraíba do Sul River, is located in the state of São Paulo, in the cities of Lorena and Guaratinguetá. The pasture is the predominant pattern of use and occupation of land and livestock the main economic activity. In the final part of the watershed is located the Oikos institute of Agroecology, which has done sustainable actions since the year 2009, as a way to minimize the human activities impacts on natural system. It was observed that natural processes are influenced by activities in the watershed, this way, much remains to be done for a integrated model promising with sustainable practices that provide relevant results in improving the site. Using a series of rainfall data (1999-2010), was verified in the watershed the wettest years (2008 and 2009) and the driest (2003 and 2007), which were not directly associated with the occurrence of major and minor systems front a year that hit the region. In summers, the association was made by precipitation with the SF and SACZ that hit the region, however, was not found a direct relationship, suggesting that the occurrence of precipitation in the Paraíba Valley, is often associated with convection own site. Through the top 30 extreme precipitation events occurring in the watershed (1999-2010), was obtained adjusting the Gumbel distribution to maximum, so the extrapolation was made for extreme precipitation events for long return periods (40, 50, 60, 70, 80, 90 and 100 years). These results are very useful in the design of engineering works and agricultural organizations in the region. By Kriging interpolation method used, it was possible to obtain fits between monthly and daily totals of precipitation interpolated using the data for this data collection platforms located in Paraíba do Sul Valley and Rain Gauge Data located in the watershed Stream of Monkeys. In terms of water quality in the watershed, was made the monitoring of parameters: temperature, pH, conductivity and dissolved oxygen at five sites in the watershed. Through the monitoring of data flow and height of the water depth, it was possible to Rating Curve” in the four points of monitoring of water quality and reconstruct the series of discharges in Stream of Monkeys. Finally, in monitoring the quality and quantity of water, it was observed that the temperature as the water was more affected by the seasonality of flow. Thus, several physical factors may have contributed to the correlation with other parameters of the flow, even the different actions used to achieve greater sustainability of the area in this study.



## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
2.1 O ciclo da água (precipitação, infiltração, evapotranspiração, escoamento superficial e subterrâneo). Fonte: <a href="http://static.infoescola.com/wp-content/uploads/2009/08/ciclo-da-agua.jpg">http://static.infoescola.com/wp-content/uploads/2009/08/ciclo-da-agua.jpg</a> .....	8
3.1 Localização da microbacia do Ribeirão dos Macacos-SP. Fonte: Instituto Oikos de Agroecologia [ca. 2009].....	27
3.2 Mapa hidrográfico da microbacia do Ribeirão dos Macacos. Fonte: Instituto Oikos de Agroecologia [ca. 2009].....	28
3.3 Mapa clinográfico da microbacia do Ribeirão dos Macacos. Fonte: Instituto Oikos de Agroecologia [ca. 2009].....	30
3.4 Mapa do uso do solo na microbacia do Ribeirão dos Macacos. Fonte: Instituto Oikos de Agroecologia [ca. 2009].....	32
3.5 Mapa com a localização das PCD's próxima a região da Microbacia do Ribeirão dos Macacos (delimitada em azul).....	38
3.6 Área de estudo proposta para os cinco pontos de monitoramento dos parâmetros de qualidade da água na microbacia. Fonte: Instituto Oikos de Agroecologia [ca. 2009].....	43
4.1 Precipitação anual (mm), obtida pelo pluviômetro no período de 1999-2010.....	51
4.2 Precipitação média mensal (mm), obtida pelo pluviômetro no período de 1999-2010.....	52
4.3 Precipitação mensal e anual obtida do pluviômetro instalado na sede do Instituto Oikos de Agroecologia, no período de 1999-2010 (de a até l).....	52
4.4 Dias com precipitação em cada ano no período de 1999-2010 (Totais diários).....	54
4.5 Frequência (%) da precipitação diária no período de 1999-2010.....	55
4.6 Média mensal dos Sistemas Frontais que atingiram a região de estudo no período de 1999-2010 Fonte: Adaptada do Boletim Climanálise-CPTEC/INPE.....	56
4.7 Frequência (%) da permanência dos casos de ZCAS nos verões de 1999-2010 Fonte: Adaptada do Boletim Climanálise-CPTEC/INPE.....	59
4.8 Ajuste da distribuição de Gumbel dos extremos diários de precipitação. Os pontos representam os valores de precipitação observados, a linha contínua a curva teórica.....	59
4.9 Precipitação acumulada das PCD's (CPTEC/INPE), no dia 2 de janeiro de 2000: Cachoeira Paulista (a), Campos do Jordão (b), Guaratinguetá (c) e Silveiras (d). Fonte: CPTEC/INPE.....	62
4.10 Imagem do satélite GOES-8 IR, no dia 2 de janeiro de 2000, 06:00Z. Sem realce (a) e com realce (b). Fonte: CPTEC/INPE.....	64
4.11 Campos da Reanálise NCEP/NCAR, vetor vento (m/s) em 850 hPa (a), em 250 hPa (b); pressão-PNMM (hPa) (c) e umidade específica em 850 hPa ( $\text{kg kg}^{-1}$ ) (d), no dia 2 de janeiro de 2000.....	66
4.12 Precipitação mensal do pluviômetro localizado na microbacia (Instituto Oikos de Agroecologia) e das PCD's próximas da região de estudo no período de junho/2010 até julho/2011.....	67
4.13 Precipitação mensal observada (pluviômetro) e interpolada (PCD's).....	69

4.14	Equação de regressão linear para os totais mensais de precipitação do pluviômetro (precipitação observada) em função dos totais mensais das PCD's (precipitação interpolada).....	70
4.15	Precipitação diária interpolada (PCD's) e observada (pluviômetro).....	71
4.16	Equação de regressão linear para os totais diários de precipitação do pluviômetro (precipitação observada) em função dos totais mensais das PCD's (precipitação interpolada).....	72
4.17	Temperatura da água na microbacia do Ribeirão dos Macacos: Em período seco (jun, jul e ago de 2010) (a) e em período úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011) (b).....	73
4.18	Potencial hidrogeniônico da água na microbacia do Ribeirão dos Macacos: Em período seco (jun, jul e ago de 2010) (a), em período úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011) (b) e em período seco (jun, jul e ago de 2011) (c).....	74
4.19	Condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) da água na microbacia do Ribeirão dos Macacos: Em período seco (jun, jul e ago de 2010) (a), em período úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011) (b) e em período seco (jun, jul e ago de 2011) (c).....	77
4.20	Oxigênio dissolvido da água na microbacia do Ribeirão dos Macacos: Em período seco (jun, jul e ago de 2010) (a), em período úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011) (b) e em período seco (jun, jul e ago de 2011) (c).....	79
4.21	Vazão ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ) e precipitação (mm) na microbacia no ano de 2011.....	81
4.22	Equação da curva chave obtida em cada um dos pontos monitorados: P <sub>1</sub> (a), P <sub>3</sub> (b), P <sub>4</sub> (c) e P <sub>5</sub> (d) (** Significativo ao nível de 1% de probabilidade).....	87
4.23	Vazões reconstruídas por meio dos dados de altura da lâmina d'água (cota), obtidos no monitoramento da qualidade da água. Em período seco (jun, jul e ago de 2010) (a), em período úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011) (b) e em período seco (abr, mai, jun, jul, ago e set de 2011) (c).....	88
B1	Casos de Sistemas Frontais no litoral. Fonte: Boletim Climanálise.....	107
B2	Atuação das ZCAS no período de 20 a 24 de janeiro de 2009. Em (a) temperatura de brilho médio do satélite GOES, em (b) campo de chuva acumulada.....	108
C1	Precipitação total (mm) do mês de julho/2010, interpolada por meio dos dados das PCD's localizadas no Vale do Paraíba (Cachoeira Paulista, Campos do Jordão, Guaratinguetá, Piquete, Silveiras e Taubaté).....	109
D1	Pontos do monitoramento de qualidade e quantidade de água (P <sub>1</sub> (a), P <sub>2</sub> (b), P <sub>3</sub> (c), P <sub>4</sub> (d) e P <sub>5</sub> (e)).....	111

## LISTA DE TABELAS

		Pág.
2.1	Classificação das águas, segundo seus usos preponderantes, conforme Legislação Federal. Fonte: Adaptada CONAMA (2005).....	21
2.2	Os diferentes parâmetros indicadores de qualidade da água. Fonte: Adaptada CONAMA (2005).....	22
3.1	Relação entre a declividade e o grau de instabilidade na microbacia do Ribeirão dos Macacos. Fonte: Adaptada do Instituto Oikos de Agroecologia [ca. 2009].....	29
3.2	Fazendas de atuação do Instituto Oikos de Agroecologia e suas respectivas ações.....	35
3.3	Localização das Plataformas de Coleta de dados (PCD's) (CPTEC/INPE).....	38
3.4	Localização dos pontos para a amostragem da qualidade da água.....	42
3.5	Número de pontos para determinação do perfil (área), com relação a largura do corpo d'água. Fonte: Adaptada de Gomes e Santos (2003) citado por Carvalho (2008).....	48
4.1	Precipitação anual e casos de SF nos anos de 1999-2010.....	57
4.2	Precipitação total, casos e permanência dos SF e ZCAS nos verões (dezembro, janeiro e fevereiro) de 1999-2010.....	59
4.3	Ocorrência de eventos extremos de precipitação durante o período de 1999-2010 na microbacia do Ribeirão dos Macacos.....	61
4.4	Extrapolação do tempo de Retorno (40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100 anos) dos eventos extremos de precipitação diária que ocorrerão na microbacia de estudo.....	62
4.5	Análise de variância do modelo de regressão linear entre precipitação mensal observada e interpolada.....	71
4.6	Análise de variância do modelo de regressão linear entre precipitação diária observada e interpolada.....	73
4.7	Médias e desvio padrão dos dados de temperatura da água (° C) nos diferentes pontos e períodos de estudo.....	75
4.8	Médias e desvio padrão dos dados de potencial hidrogeniônico da água nos diferentes pontos e períodos de estudo.....	78
4.9	Médias e desvio padrão dos dados de condutividade da água ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) nos diferentes pontos e períodos de estudo.....	80
4.10	Médias e desvio padrão dos dados de oxigênio dissolvido da água ( $\text{mg L}^{-1}$ ) nos diferentes pontos e períodos de estudo.....	82
4.11	Precipitação total e parâmetros: Coliformes Totais (NMP/100 ml), Escherichia Coli (NMP/100 ml), Fósforo Total ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e Nitrato ( $\text{mg L}^{-1}$ ), nos pontos P <sub>1</sub> , P <sub>3</sub> , P <sub>4</sub> e P <sub>5</sub> .....	85
4.12	Médias e desvio padrão dos dados de vazões reconstruídas ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ) nos diferentes pontos e períodos de estudo.....	90
4.13	Correlação de Pearson entre vazão e os parâmetros de qualidade da água (temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), condutividade e oxigênio dissolvido (OD)).....	90
A1	Modelo do questionário aplicado aos moradores da microbacia do Ribeirão dos macacos.....	105
D1	Dados obtidos do monitoramento da quantidade de água no ponto-P <sub>1</sub> (a).....	112

D1	Dados obtidos do monitoramento da quantidade de água no ponto-P <sub>3</sub> (b).....	113
D1	Dados obtidos do monitoramento da quantidade de água no ponto-P <sub>4</sub> (c).....	113
D1	Dados obtidos do monitoramento da quantidade de água no ponto-P <sub>5</sub> (d).....	114

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

APP	Área de Preservação Permanente
$A_t$	Área Total, $m^2$
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
FSI	Fragmentos de floresta em estágio inicial
FSM	Fragmentos de floresta em estágio médio
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
NCAR	National Center for Atmospheric Research
NCEP	National Center for Environmental Prediction
MO	Matéria Orgânica
OD	Oxigênio Dissolvido
PCD's	Plataformas de Coleta de Dados
pH	Potencial Hidrogeniônico
Q	Vazão, $m^3 s^{-1}$
SEB	Sudeste do Brasil
SF	Sistema Frontal
SP	São Paulo
TR	Tempo de Retorno
$V_m$	Velocidade média, $m s^{-1}$
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1. Influência das ações antrópicas no ciclo hidrológico.....	7
2.2. O clima na região Sudeste do Brasil e as bacias hidrográficas.....	9
2.2.1. Os eventos extremos de precipitação.....	12
2.2.2. Métodos de interpolação de dados de precipitação.....	14
2.3. A conservação ambiental em bacias hidrográficas.....	16
2.4. O monitoramento da água em bacias hidrográficas.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1. Localização e caracterização da área.....	27
3.2. Características do relevo na microbacia.....	28
3.3. Características do uso e ocupação do solo na microbacia.....	30
3.4. As ações de recuperação ambiental efetuadas na microbacia.....	33
3.5. A precipitação na microbacia.....	35
3.6. Distribuição espacial dos dados de precipitação na região.....	37
3.7. Medições de qualidade e quantidade de água na microbacia.....	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
4.1. Variabilidade da precipitação na microbacia do Ribeirão dos Macacos.....	51
4.1.1. Os eventos extremos de precipitação na microbacia do Ribeirão dos Macacos ..	60
4.2. A precipitação interpolada na microbacia do Ribeirão dos Macacos.....	69
4.3. A qualidade e quantidade de água na microbacia do Ribeirão dos Macacos.....	74
4.3.1. Os parâmetros de qualidade da água na microbacia.....	74
4.3.2. A vazão na microbacia.....	86
5. CONCLUSÃO E SUGESTÕES.....	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97
APÊNDICE A.....	105
APÊNDICE B.....	107
APÊNDICE C.....	109
APÊNDICE D.....	111



## **1. INTRODUÇÃO**

A compreensão da estrutura e do funcionamento de bacias hidrográficas, independente de seu tamanho, é muito importante, pois seus componentes bióticos, sua geomorfologia, solos, vegetação e clima são fortemente influenciados por fatores naturais e antropogênicos. A interferência do homem no meio ambiente e a utilização inadequada das terras acarretaram ao longo do tempo, sérios problemas ambientais.

Os fenômenos que acontecem em uma bacia dependem das características do local onde ela se insere. Flora, fauna, relevo, uso e ocupação do solo e os fenômenos meteorológicos interagem entre si e condicionam a resposta hidrológica na bacia. As diferentes ações antrópicas em determinadas áreas, como o desmatamento, monocultura, extrativismo em larga escala, transformação das estruturas físico-químicas e biológicas dos ecossistemas naturais e a substituição de espécies nativas por exóticas, podem alterar o Ciclo Hidrológico, reduzindo desta forma a oferta de água e conseqüentemente a queda da qualidade dos recursos hídricos.

Em uma determinada área de uma bacia, diferentes atividades estão expostas a riscos e insucessos devido à variação dos elementos climáticos. Assim estes devem ser observados e analisados para um maior aproveitamento dos recursos hídricos objetivando encontrar um equilíbrio entre o desenvolvimento local e a conservação dos recursos naturais. No caso da precipitação, os eventos extremos de precipitação, por exemplo, apresentam grande relevância em uma região, de modo que o acompanhamento destes é imprescindível para o planejamento e desenvolvimento das diferentes atividades sujeitas aos seus efeitos adversos.

O acompanhamento sistemático das informações ambientais (características físicas da microbacia, qualidade e quantidade da água) e a formação de séries históricas (precipitação diária, eventos extremos - tempo de retorno) permitem uma melhor compreensão da evolução temporal das diferentes informações geradas, além de correlacioná-las com outros fenômenos meteorológicos, ambientais ou econômicos. Isso possibilita a indicação de prioridades para a elaboração de ações de controle, fiscalização, investimentos ou de legislação específica, que levem à proteção e à melhoria do ambiente. Neste contexto torna-se evidente considerar as interações entre

os diferentes setores social, econômico e ambiental com o intuito de conduzir a estratégias de sustentabilidade, pois com a integridade do ecossistema na bacia se tem a manutenção do funcionamento hidrológico.

Este trabalho descreve um conjunto de ações que favorece a compreensão abrangente sobre um tema de extrema importância para a humanidade: a conservação da água. Na região estudada não existem trabalhos científicos de monitoramento da qualidade e quantidade de água. Assim, por meio deste estudo foi possível interligar diferentes elementos hidrometeorológicos com ações voltadas para a sustentabilidade do meio e também enfatizar a importância da compreensão e melhor entendimento do funcionamento da microbacia do Ribeirão dos Macacos, um afluente do rio Paraíba do Sul.

Na área deste estudo está localizado o Instituto Oikos de Agroecologia, que vem desenvolvendo ações de restauração ambiental, adequação de métodos produtivos, conservação dos recursos naturais (águas e biodiversidade), mobilização e capacitação de produtores rurais (educação ambiental) desde o início do ano de 2009. Assim, por meio de parcerias entre instituições públicas e privadas juntamente com a comunidade local da microbacia do Ribeirão dos Macacos, foi possível o estudo da área e de alguns elementos desta, visando à utilização de práticas sustentáveis do uso dos recursos naturais e integração dos elementos da hidrometeorologia para caracterização da microbacia.

### **1.1. Objetivos:**

Os principais objetivos deste estudo são:

- (i) Avaliar a precipitação local no período de 1999 a 2010 (identificando anos úmidos e secos) de forma a: Verificar os principais sistemas atmosféricos atuantes (SF e ZCAS); Extrapolar o tempo de retorno dos eventos extremos de precipitação até o período de 100 anos; e descrever a situação sinótica do evento extremo de maior total diário de precipitação, ocorrido no período estudado (1999-2010).

(ii) Obter e analisar a distribuição da precipitação na região do Ribeirão dos Macacos por meio de Plataformas de Coleta de Dados (PCD's), e validar a técnica de interpolação utilizada (Krigagem) por meio de um pluviômetro localizado na microbacia.

(iii) Obter e analisar dados de qualidade e quantidade de água da microbacia em período seco e úmido nos anos de 2010 e 2011, por meio do acompanhamento de alguns parâmetros (indicativos de qualidade da água) e da vazão, levando em conta as diferentes práticas de recuperação ambiental efetuadas na área de monitoramento.

Parte dos objetivos deste estudo está incluso no projeto “Estudo da influência da recuperação e conservação ambiental na melhoria da qualidade e quantidade da água em microbacias do Rio Paraíba do Sul, no estado de São Paulo”, financiado pelo Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO). Este trabalho foi possível devido a uma colaboração entre o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE) e o Instituto Oikos de Agroecologia.

## **1.2. Motivação:**

Na região do Vale do Paraíba, são necessárias diferentes ações voltadas para a recuperação e preservação dos recursos naturais. Por ser bastante desenvolvida economicamente, esta é uma região de relevância no Brasil, pois apresenta um grande contingente populacional e sérios problemas ambientais. Os vários problemas ocasionados pelo ciclo de degradação do desmatamento, exposição do solo às intempéries, intensa utilização de insumos e aumento do escoamento superficial, geram impactos negativos decorrentes da erosão, fato esse agravado por um difícil controle na região.

Na área do Ribeirão dos Macacos, atua o Instituto Oikos de Agroecologia por meio de diferentes práticas que visam à restauração e manutenção das características naturais na região da microbacia. Assim, as práticas efetuadas na área levam em conta os seguintes itens:

- (i) As áreas de APP's na bacia; a faixa de vegetação próxima às margens para diminuir o assoreamento e a carga poluente que é introduzida nos corpos de água através do deflúvio superficial;
- (ii) Os pastos localizados em áreas de relevo declivoso, pois estes elevam a predisposição à erosão. Assim nesses locais, o aumento da biomassa vegetal com o plantio de árvores é uma medida adequada, e esse plantio pode ser feito em faixas de retenção (espaços deixados em uma plantação para serem ocupados por outro tipo de planta);
- (iii) Para melhorar a qualidade da água e diminuir os gastos com seu tratamento é necessário um destino para os efluentes domésticos, neste caso pode-se utilizar as fossas sépticas, desde que estas sejam projetadas de maneira adequada para evitar posteriores contaminações.
- (iv) O manejo adequado dos resíduos sólidos e líquidos obtidos da criação animal, evitando desta maneira a contaminação das águas, do lençol freático e da microbacia.

Os itens citados acima são medidas de manejo que podem controlar a qualidade, quantidade e ou regime da água em microbacias se bem empregados. Assim para eliminar parte das fontes pontuais de contaminação na microbacia foram instalados bebedouros para o gado, chorumeira, fossas sépticas e limpeza de fossas negras, pastejo rotacionado “Voisin” e restauração de APP's. Estas ações iniciais são de grande valia para um manejo integrado na microbacia do Ribeirão dos Macacos.

Mesmo com todas as ações acima citadas ainda se tem muito a fazer. Na microbacia muitas áreas deveriam ser protegidas por florestas, principalmente em áreas de alta a muito alta instabilidade, quanto aos processos erosivos do solo. Como existem áreas desprotegidas de uso e ocupação do solo agropecuário (principal atividade a pecuária) o processo de erosão ocorre e contribui para o assoreamento e contaminação das águas na microbacia, principalmente na estação do verão (período úmido). Assim, é de grande valia o estudo e análise dos parâmetros de qualidade e quantidade da água na microbacia devido às diferentes ações ambientais efetuadas e que ainda podem ser feitas para avaliação da melhoria ambiental no Ribeirão dos Macacos.

Como primeiro passo para se obter um modelo de manejo agropecuário com práticas sustentáveis dos recursos naturais torna-se essencial levar em conta a manutenção das funções e componentes do ecossistema de modo sustentável. Desta forma, é necessário total integração dos componentes social, ambiental e econômico de toda uma região. No caso deste estudo é importante ressaltar que o Instituto Oikos de Agroecologia realiza um trabalho ambiental importante na microbacia do Ribeirão dos Macacos, mas ainda se tem muito a aperfeiçoar para se ter um bom modelo de práticas sustentáveis dos recursos hídricos, para que este proporcione resultados de relevância quanto à melhoria local.

Nesse trabalho, pela primeira vez os dados de qualidade e quantidade da água do Ribeirão dos Macacos são publicados e analisados, assim o trabalho é relevante não somente por apresentar os dados, mas também por discutir a relação do comportamento dos dados com as forçantes atmosféricas (precipitação) e as ações ambientais efetuadas na área.

O trabalho está organizado da seguinte maneira: A revisão bibliográfica é apresentada no capítulo dois. No capítulo três está descrita a metodologia contendo: as características da área de estudo, as diferentes ações de recuperação efetuadas no local, a precipitação e os principais sistemas atmosféricos atuantes na região, o método da interpolação da precipitação mensal e diária e os dados e métodos usados para o estudo do monitoramento da qualidade e quantidade de água na microbacia. No capítulo quatro são mostrados os resultados e discussões e finalmente no capítulo cinco encontram-se as conclusões e sugestões.



## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Influência das ações antrópicas no ciclo hidrológico**

O conceito de ciclo hidrológico pode ser um bom ponto de partida para o estudo de bacias hidrográficas. O mesmo se faz visível começando pela água existente na atmosfera, consequência da evaporação desta nas superfícies livres (oceano, rios, lagos, geleiras, etc.), do dossel da vegetação e do solo, e da transpiração das plantas. O vapor resultante da evaporação é transportado pelas massas de ar em movimento e sob determinadas condições climáticas (pressão de vapor e temperatura) o vapor se condensa, formando nuvens que podem ocasionar precipitações.

Sob a ação da gravidade e da energia solar, o movimento permanente da água na Terra forma o chamado ciclo hidrológico. O sistema de circulação da atmosfera é extremamente dinâmico e não linear, dificultando sua previsão quantitativa. Esse sistema cria condições de precipitação pelo resfriamento do ar úmido que formam as nuvens gerando precipitação (na forma de chuva, neve entre outros) sobre os corpos d'água e superfície da terra. A água evaporada se mantém na atmosfera, em média dez dias (TUCCI; CLARKE, 1997).

O ciclo hidrológico pode ser definido como um fenômeno de circulação fechada da água entre os sistemas atmosféricos, subterrâneo e superficial. A precipitação que cai sobre o terreno se dispersa de vários modos. Uma parte é retida temporariamente no dossel da vegetação para logo evaporar de volta para a atmosfera, outra parte é armazenada temporariamente no solo, nas proximidades do local onde caiu e uma parte retorna à atmosfera por evaporação e por transpiração das plantas. Uma parte da água escoia superficialmente até os leitos dos rios, outra parte penetra no solo para constituir o armazenamento subterrâneo. Devido à ação da força gravitacional, tanto as águas superficiais como as subterrâneas descem até cotas mais baixas e chegam até os corpos d'água. Entretanto, grandes quantidades de águas superficiais e subterrâneas retornam à atmosfera por evaporação e transpiração antes de chegar às cotas mais baixas (HARTMANN, 1934). A Figura 2.1 permite visualizar as fases do ciclo hidrológico.



Figura 2.1- O ciclo da água (precipitação, infiltração, evapotranspiração, escoamento superficial e subterrâneo).

Fonte: <http://static.infoescola.com/wp-content/uploads/2009/08/ciclo-da-agua.jpg>. (2012).

Conforme ressalta Tundisi (2003) com o aumento e diversificação da atividade econômica, a dependência dos recursos hídricos se torna crescente. As pressões sobre os usos dos recursos hídricos provêm do crescimento da população humana e conseqüentemente da maior necessidade do uso da água. Assim, a redução no volume disponível e a apropriação dos recursos hídricos em escala maior e mais rápida têm produzido grandes alterações nos ciclos hidrológicos regionais.

Quando um dos componentes do ciclo hidrológico sofre alteração acontecem mudanças nos outros também, que podem afetar de maneira singular o comportamento e a produção de água nas bacias. De acordo com Negri et al. (2004) no seu estudo sobre o impacto do desmatamento na Amazônia, existem diferenças na cobertura de nuvens e precipitação em diferentes regiões de floresta e pastagem. Na estação seca o aumento do aquecimento da superfície nas regiões desmatadas cria uma circulação térmica direta que aumenta a ocorrência de precipitação nestas áreas. Nesse estudo, análises de 14 anos de precipitação mensal, revelaram que apenas no mês de agosto o padrão de precipitação mostrou aumento em área desmatada.

D'Almeida et al. (2007) revisa os efeitos do desmatamento no ciclo hidrológico na Amazônia, visando detectar mudanças significativas no ciclo da água na bacia que podem estar ligadas a efeitos de compensação. Foi relatado que com a remoção da cobertura florestal tem-se um maior escoamento da água (menor interceptação da

vegetação) e assim diminuição da evapotranspiração no geral. Quanto ao grau de desmatamento e seu impacto no ciclo hidrológico, nas áreas com pequeno desmatamento local, espera-se aumento no escoamento superficial e a diminuição da evapotranspiração, sem afetar a precipitação; já quando as áreas de desmatamento são grandes, estas podem influenciar na circulação e assim, pode ocorrer o aumento da precipitação. O impacto do desmatamento no ciclo hidrológico e o reconhecimento da relevância dessas dependências definem alguns desafios para o futuro.

Segundo Marengo e Alves (2005) no estudo das tendências hidrológicas na bacia do rio Paraíba do Sul (no período de 1920-2000), é evidente que o progressivo processo de industrialização e urbanização assim como a degradação ambiental no Vale do Rio Paraíba do Sul, contribui para o intenso uso dos recursos naturais e para o comprometimento da quantidade e qualidade dos recursos hídricos hoje observados. Este estudo mostra que as máximas vazões/cotas acontecem no período de dezembro-março, com picos em janeiro-fevereiro. Foram registradas tendências decrescentes nas vazões do rio em vários postos e dentre as possíveis causas desta redução sistemática nas vazões e cotas tem-se as atividades antrópicas, que também estão associadas às mudanças gradativas no regime e distribuição de chuvas na bacia, decorrentes de mudanças climáticas regionais.

Sem dúvida há uma forte influência da interface solo-vegetação-atmosfera no ciclo hidrológico, associada aos processos naturais complexos, e também a ação humana que interage com esse sistema natural. Assim, estes diversos fatores serão discutidos mais detalhadamente a seguir.

## **2.2. O clima na região Sudeste do Brasil e as bacias hidrográficas**

As condições meteorológicas afetam a formação e a dinâmica dos diferentes ecossistemas em uma bacia hidrográfica. A necessidade de um melhor entendimento das condições atmosféricas associadas a variabilidade da precipitação é de extrema relevância para o ciclo hidrológico (recarga dos corpos d'água) e para vários setores de produção como a agricultura e pecuária. A investigação de séries históricas pluviométricas de um determinado local é necessária para fornecer melhores informações aos agricultores sobre esse importante elemento de planejamento, pois o

abastecimento de água (variabilidade sazonal do nível da água e vazão em bacias hidrográficas) irá depender da regularidade da precipitação.

Um dos elementos climáticos mais importantes em uma bacia hidrográfica é a precipitação, pois esta afeta diretamente o ciclo da água da bacia, e dependendo da sua ocorrência ou não, afeta os outros elementos climáticos. O clima pode ser definido como uma generalização ou uma integração das condições do tempo para certo período, em uma determinada área. Para uma determinada região o clima é condicionado por diversos fatores, como a precipitação, umidade relativa, radiação solar, temperatura do ar, velocidade e direção do vento e pressão atmosférica, os quais por sua vez, são caracterizados por fatores como altitude, latitude, topografia, características do solo e da vegetação entre outros (VIANELLO, 1991; VAREJÃO, 2005).

Na região do Sudeste Brasileiro-SEB as precipitações intensas são causadas principalmente por duas perturbações, a incursão de Sistemas Frontais (SF) e a formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Os sistemas frontais ou frentes são definidos como uma zona de transição entre duas massas de ar de diferentes densidades e temperaturas, que se aproximam e tendem a se manter individualizadas, conservando suas características particulares (VIANELLO, 1991). A ZCAS é definida como uma persistente banda de nebulosidade, mais ativa durante a estação de verão da América do Sul, que apresenta como característica um escoamento de umidade convergente em baixos níveis da troposfera, orientado no sentido NW-SE (NOGUÉS-PAEGLE; MO 1997).

O traço climático mais marcante do SEB é a distribuição espacial e temporal da precipitação, fator ambiental de maior importância da região, influenciando fortemente os aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Devido aos arranjos entre os controles de grande escala, os distúrbios de meso-escala e condições locais como topografia, exposição de vertentes e uso da terra, a precipitação apresenta enorme variação inter e intra-anual. A pluviosidade se apresenta com dois períodos bem característicos, um que concentra grande parte da precipitação e o outro com um decréscimo acentuado. A incursão das massas polares é um fator de peso para a alta variabilidade da pluviosidade anual. Esse quadro complexo sofre também influência de outros condicionantes como configuração e persistência da ZCAS ou posição da

corrente do jato, que pode dificultar a penetração de massas polares, mantendo-as mais ao sul (NUNES et al., 2009).

Alves et al. (2002), dizem que para compreender a estação chuvosa no SEB é necessário levar em consideração os processos atmosféricos de diferentes escalas de tempo. A estação chuvosa tem início mais provavelmente entre 23 de setembro e 7 de outubro no sul da região sudeste. Alves et al. (2005) também enfatizam que mais de 80% do total anual de chuvas encontra-se entre os meses de outubro a março nesta região. O período chuvoso inicia-se mais cedo no sul da região sudeste, em decorrência da atuação das frentes frias. Para o setor norte, é observado um atraso da estação chuvosa de 2 a 3 meses em relação ao sul, coincidindo com a atuação da ZCAS em dezembro. Em anos de maior aquecimento do oceano Pacífico as chuvas iniciam mais cedo, ocorrendo um atraso em anos em que as temperaturas da superfície do mar são mais frias.

De acordo com Brito (2011), o estudo dos sistemas meteorológicos que atuam no estado de São Paulo pode contribuir objetivamente para a melhoria da previsão de tempo e assim influir em diversas práticas como a agricultura, por exemplo, e em diferentes localidades, como em uma microbacia. Portanto, os diferentes sistemas meteorológicos como os Sistemas Frontais (SF), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) podem ser correlacionados com as mudanças das variáveis climáticas e fenômenos adversos como a precipitação intensa em uma determinada região. Neste trabalho foi observado que a estação chuvosa acontece nos meses de outubro a março e a estação seca de abril a setembro. No primeiro trimestre (outubro-dezembro) da estação chuvosa, foi encontrada a maior ocorrência de SF no litoral, além da ocorrência de ZCAS, de modo que tais sistemas podem ser os principais responsáveis pelo aumento da precipitação neste período. Devido à dependência da economia e segurança de uma região com as condições atmosféricas, tornam-se necessários estudos voltados para os eventos extremos de precipitação, como será visto a seguir.

### **2.2.1. Os eventos extremos de precipitação**

Em uma microbacia com atividades econômicas agropecuárias podem ocorrer enormes danos (locais) causados pelo excesso de precipitação, devido ao fato que a distribuição da precipitação é direcionada em grandes quantidades. Liebmann et al. (2001) estudou a variabilidade interanual de eventos extremos de precipitação utilizando dados diários de postos, fornecidos pelo departamento de águas e energia elétrica (DAEE). Foi relatado que estes eventos ocorrem de novembro a março e existe uma variação interanual em seu número. Os eventos extremos para cada posto foram definidos quando a precipitação diária excedeu uma certa porcentagem da média sazonal. Neste estudo a contagem de eventos extremos não foi bem correlacionada com a precipitação média sazonal.

Os impactos mais severos do clima na sociedade ocorrem devido a variabilidade climática e à ocorrência de eventos extremos. Vasconcellos (2008) estudou a influência de diversas escalas na ocorrência de precipitação extrema na região da Serra do Mar (parte da Região Sudeste). Na análise das séries temporais diárias de precipitação para a área foram selecionados dois casos extremos de precipitação maiores ou iguais a 100 mm/dia. Neste estudo, por meio da análise da climatologia da precipitação (período de 1980-2006) foi observado que há uma diminuição da precipitação do verão para o inverno e que as estações estão se apresentando cada vez mais extremas. As primaveras e os verões são cada vez mais chuvosos e os outonos e os invernos cada vez mais secos. Também foi Ressaltado que no verão a ZCAS e no inverno os Sistemas Frontais são os principais contribuintes para a precipitação sendo o fator principal dos extremos de precipitação.

Lima et al. (2010) enfatizam que os eventos de precipitação intensa no verão austral, no Sudeste do Brasil, estão na sua maioria associados a dois tipos de perturbações atmosféricas: Frente Fria (53%) e Zona de Convergência do Atlântico Sul (47%). A importante questão de se distinguir as características sinóticas de um evento de precipitação intensa e de um evento de precipitação normal foi abordada por este mesmo estudo. As evoluções dessas características foram identificadas através das anomalias em relação à climatologia de campos compostos de variáveis atmosféricas. As anomalias associadas aos eventos de precipitação intensa, foram significativamente

mais fortes, do que aquelas associadas aos eventos de precipitação normal, em todas as variáveis atmosféricas fundamentais estudadas. Estes resultados, especialmente os de intensidade do vento, anomalia de pressão, e convergência de umidade podem ser úteis para a previsão de precipitação intensa.

O estudo dos eventos extremos de precipitação superiores ao suporte do ambiente é importante no planejamento agrícola e ambiental para o correto dimensionamento das obras, tanto na construção civil quanto na conservação do solo e água em bacias hidrográficas. A estatística de eventos extremos de precipitação tem desempenhado papel importante na climatologia e hidrologia, e suas estimativas probabilísticas são imprescindíveis para o planejamento e desenvolvimento das atividades sujeitas a seus efeitos adversos. Diversas distribuições teóricas de probabilidade podem ser ajustadas aos extremos anuais de precipitação máxima diária. Uma revisão de trabalhos evidenciou que a distribuição teórica de probabilidade de Gumbel apresentou os melhores ajustes dos extremos de precipitação em cada um dos estudos em questão (HERSHFIELD; KOLER, 1960; BACK, 2001).

Com a distribuição de Gumbel é possível fornecer meios e métodos para apresentar informações de dados de precipitação observada e desta maneira apresentar de forma precisa e significativa as características dos fenômenos de precipitação por meio de previsões acerca do futuro comportamento pluviométrico local em determinadas regiões. Vários outros autores têm utilizado a distribuição de valores extremos do tipo I (também conhecida como distribuição de Gumbel) em estudos de precipitações máximas provável, período de recorrência de precipitações máximas e/ou curvas intensidade-duração-frequência da precipitação (BEIJO et AL., 2003; BEIJO et al., 2005; MEHL et al. 2001).

Sansigolo (2008) em seu estudo feito em Piracicaba-SP (1917-2006), ajustou diferentes distribuições teóricas de probabilidade aos extremos anuais de precipitação máxima diária, temperatura máxima e mínima absolutas e velocidade instantânea do vento, e no caso dos extremos anuais de precipitação máxima diária, foi obtido um melhor ajuste com a distribuição de Gumbel. Desta maneira, quando se obtém um bom ajuste teórico da distribuição de Gumbel esta pode ser usada com bastante confiabilidade para

extrapolação de estimativas de risco de eventos extremos em períodos mais longos, desde que não ocorram significativas variações climáticas futuras na região de estudo.

Dufek e Ambrizzi (2008) enfatizam que as inundações e eventos de seca podem causar danos econômicos e ecológicos e, na pior das hipóteses, podem colocar vidas em risco. Alterações nas propriedades físicas da superfície podem modificar o ciclo da água e fluxos de energia (radiação solar, troca de calor) que podem ter impactos significativos no clima em escala local e regional, afetando a circulação do ar, padrões de precipitação e temperaturas. Este trabalho evidenciou a importância de estudos que levem em conta as mudanças do uso da terra e seus impactos. É possível que as mudanças no clima alterem a temperatura, a precipitação, e aumentem a variabilidade dos eventos de precipitação. Diante de todo o exposto, é importante a conscientização quanto aos impactos causados pelas atividades antropogênicas no meio e à necessidade da conservação ambiental em bacias hidrográficas. A seguir serão apresentados os métodos de interpolação da precipitação e a importância da melhor compreensão da variabilidade espacial da precipitação em uma região.

### **2.2.2. Métodos de interpolação de dados de precipitação**

Devido a dificuldades em obter a precipitação em locais desprovidos de dados pluviométricos, pode-se trabalhar com procedimentos estatísticos para interpolação destes dados com base em diferentes instrumentos (pluviômetro, Plataforma de Coleta de dados) vizinhos ao local onde se precisa obter a distribuição da precipitação. Dentre as técnicas estatísticas usadas para análise e interpretação de dados climáticos, encontra-se a Geoestatística, que tem como característica principal a análise da distribuição espacial e/ou temporal entre as observações (CAMARGO et al. 2004). Segundo Barbosa (2006), para propor uma análise regional dos elementos climáticos em uma região torna-se necessário distribuir esses elementos espacialmente, de modo que as regiões climáticas sejam mapeadas. O autor em seu trabalho utilizou dados de precipitação (totais mensais e anuais) e temperatura (médias mensais e anuais) de várias localidades no estado de São Paulo, cobrindo um período de 30 anos. A partir desses dados, foram elaborados climogramas e uma série de mapas (utilizando a técnica da Krigagem), evidenciando que o estado de São Paulo apresenta tipos climáticos distintos.

De acordo com Mello et al. (2003) o uso da equação de chuvas intensas é a forma mais usual para estimativa da chuva de projeto. No entanto, há dificuldade em obtê-la para locais desprovidos de dados pluviométricos, o que pode ser superado mediante técnicas computacionais para a espacialização dos seus parâmetros. Objetivou-se, no trabalho citado, comparar os dois procedimentos estatísticos mais exatos, que são a Krigagem (interpolador geoestatístico) e o inverso do quadrado da distância, para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. Foram utilizadas 140 estações meteorológicas do estado de São Paulo, as quais dispõem da respectiva equação de chuvas intensas estimada com base em dados pluviométricos, consideradas como ideais. Constatou-se que ambos os métodos utilizados apresentaram boa precisão, mas a Krigagem produziu menores erros médios para 11 estações, verificando-se melhorias consideráveis em especial para tempos de retorno e tempos de duração da precipitação usuais em projetos em pequenas bacias hidrográficas, podendo-se sugerir este método como o mais adequado.

Outros autores como Carvalho e Assad (2005), por meio da comparação de interpoladores univariados usados na obtenção da distribuição espacial da precipitação pluvial média anual para o Estado de São Paulo, mostraram que o interpolador geoestatístico de Krigagem ordinária, apresenta melhor resultado que os interpoladores Inverso do Quadrado da Distância e Curvatura Mínima (estes ignoram a dependência espacial entre observações). Este estudo enfatiza que a diferença entre os valores observados e estimados, utilizando o método da Krigagem, foi muito menor do que para os outros dois métodos utilizados. Desta forma, a Krigagem foi o melhor interpolador utilizado, sendo assim, indicado para ser usado na distribuição espacial de precipitação pluvial média anual.

Segundo Luerce et al. (2011), semelhantes volumes de precipitação ocasionam respostas muito diferentes nos rios, possivelmente associadas à distribuição irregular das chuvas no tempo e no espaço. Nesse contexto, o estudo em questão investiga a hipótese de que uma caracterização mais detalhada da precipitação em eventos de cheias pode auxiliar na obtenção de uma resposta hidrológica dos rios (vazão) mais precisa. Com a espacialização das chuvas (interpolação utilizando o método do Inverso do Quadrado da Distância), verificou-se que a vazão no rio dos Sinos-RS, pode ser influenciada pela concentração das chuvas em determinadas regiões da bacia, o que poderia comprometer

os resultados de modelos hidrológicos com chuva concentrada (sem interpolação espacial da precipitação). Assim, com a espacialização das maiores médias pluviométricas ocorridas na bacia hidrográfica é possível determinar um padrão da dinâmica hidrológica permitindo a previsão de inundações a partir do monitoramento e espacialização das chuvas. Adiante é apresentada a importância da conservação ambiental nas bacias hidrográficas, associada à conservação da água e solo para manutenção destes sistemas.

### **2.3. A conservação ambiental em bacias hidrográficas**

Merten e Minella (2002) afirmam que o uso e a ocupação do solo pelas atividades agropecuárias alteram sensivelmente os processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais. Estas alterações ocorridas em uma determinada bacia hidrográfica podem ser avaliadas por meio do monitoramento da qualidade da água. Assim pode-se dizer que a atividade agropecuária apresenta contribuições na contaminação dos mananciais sendo uma atividade com alto potencial de degradação, e a qualidade da água se torna um reflexo do manejo e uso do solo na bacia. Os autores também afirmam que o modelo de produção baseado na agroecologia (sustentabilidade do meio) seria de grande importância para a sociedade, uma vez que esse sistema é baseado no uso de tecnologias de produção de baixo impacto aos recursos hídricos. Segundo os autores citados, as estratégias para redução da poluição devem ter como meta a redução do deflúvio superficial, a redução do uso de agroquímicos e o manejo adequado dos efluentes produzidos pelos sistemas de criação animal em confinamento. Também, torna-se possível diminuir o nível de degradação utilizando sistemas agrofloretais (árvores utilizadas em conjunto com a agricultura) que preservem a matéria orgânica do solo e a manutenção da água no sistema através da melhoria da infiltração no solo, a utilização de sistemas agroecológicos (rotação de culturas - alterações de espécies vegetais em uma mesma área agrícola; manejo integrado de pragas - controle ecológico de pragas; uso de adubos verdes - plantas de cobertura adicionadas na superfície do solo, biodigestores - produção de biogás, por meio da digestão de matéria orgânica por bactérias em condições anaeróbicas; esterqueiras - fermentação do esterco, possibilitando sua reutilização como fertilizante em lavoura e pastagem, entre outras práticas) seria de grande interesse para a sociedade por levar em conta as interações dos ecossistemas agrícolas.

Segundo Amaral et al. (2003), com o alcance de um nível de organização social entre os moradores locais se torna possível a realização de ações voltadas para a gestão da bacia, possibilitando mudanças que melhorem a qualidade da água. Acredita-se que o desenvolvimento de um trabalho de educação sanitária para a população do meio rural e a adoção de medidas preventivas visando à preservação das fontes de água e o tratamento das águas já comprometidas, aliados às técnicas de tratamento de dejetos, são as ferramentas necessárias para se ter um melhor aproveitamento dos recursos hídricos.

Catelani et al. (2003) ressaltam que a qualidade e a quantidade de água das nascentes de uma bacia hidrográfica podem ser alteradas por diversos fatores, destacando-se, a declividade, o tipo de solo, o uso da terra, entre outras. Os autores enfatizam a necessidade de se obter mapas de uso do solo em APP, a fim de avaliar a condição destas áreas na região do Vale do Paraíba, pois esta região encontra-se muitas vezes degradada, evidenciando desta maneira o uso indevido da terra. Por meio de um quadro geral de diagnóstico podem-se traçar planos estratégicos de recuperação de nascentes focando nas características individualizadas destas. A preservação de nascentes esta intimamente ligada à preservação da vegetação das florestas, e é fundamental a manutenção das APP's.

A degradação ambiental nas áreas de recarga, provocada por desmatamentos desordenados, compactação e erosão de solos, não só afeta o potencial de evapotranspiração (e conseqüente produção de água para o ciclo hidrológico), como também provoca escoamentos superficiais excessivos, que carregam sedimentos e dejetos, os quais irão depositar-se nos corpos d'água, tendo como resultado o assoreamento e a poluição das águas. Como conseqüências desses fenômenos observa-se comprometimento da capacidade produtiva e de conservação de água e solo nas propriedades rurais. Existe grande variedade de métodos de conservação de solo e água, e a decisão quanto à escolha destes cabe aos objetivos, que podem ser a redução da velocidade da enxurrada, o aumento da capacidade de armazenamento de água ou, ainda, a liberação do excesso de água no solo. Normalmente, se usa uma combinação de métodos mecânicos em conjunto com medidas agronômicas, incluindo, por exemplo, cultivo em curva de nível, terraceamento, e captação de águas (SANTANA, 2003).

De acordo com Borges et al. (2005) para que ocorra a reversão da maioria dos processos de degradação, originados da interferência humana na dinâmica da paisagem, necessita-se uma maior consciência político-ambiental dos agentes sociais, integrada à educação e ao cumprimento das leis de proteção à vida e ao meio ambiente. Estes autores contemplaram a necessidade do reflorestamento compensatório para retenção de águas em microbacias. Os resultados mostraram que 8,87 % da área da microbacia de estudo (942,73 ha) deveram ser reflorestada para compensar as perdas de água que ocorrem em áreas de pastagem e agricultura devido a menor permeabilidade do solo (capacidade do solo em infiltrar a água). O reflorestamento pode ser feito prioritariamente em área de preservação permanente (APP) ou em área para compor parte da reserva legal (RL).

Os autores Bueno et al. (2005) afirmam que o tipo de cobertura vegetal implica distintos comportamentos nos atributos do solo e da água, sendo que a remoção das florestas tem causado aumento significativo dos processos que levam à degradação de áreas imensas, com prejuízos à hidrologia e à biodiversidade. Este trabalho apresenta o monitoramento da qualidade da água em duas condições de uso do solo (mata nativa e eucalipto), e foi verificado que a cobertura do solo de mata nativa foi responsável pela falta de variações da temperatura da água, influenciando as demais variáveis da água (OD, MO e pH). Assim, por meio dos plantios florestais de mata nativa os produtores rurais podem obter benefícios na conservação do solo e da água e reduzir os impactos negativos da redução das vegetações naturais remanescentes.

Segundo Golla (2006), o manejo adequado (intervenção humana nos recursos naturais com a intenção de torná-los aptos à utilização agrícola e pecuária de maneira que preservem características desejáveis às atividades destinadas ao homem) de solos e água constitui um dos grandes desafios da humanidade, estando diretamente relacionados à sustentabilidade de todas as formas de vida, bem como às atividades antrópicas. O trabalho citado foi realizado na microbacia hidrográfica do córrego Palmitalzinho – Regente Feijó – São Paulo. Nessa área, são encontrados diversos problemas ambientais, tais como, baixa fertilidade e compactação do solo, erosão e assoreamento dos cursos d'água. Assim, foram encontrados problemas associados ao manejo inadequado dos recursos naturais, como: desestruturação do solo através da utilização do sistema convencional de plantio/semeadura, correção e adubação deficientes, compactação dos solos, pastagem degradada, presença de plantas daninhas, falta de manutenção ou

ausência de práticas mecânicas de conservação, estradas mal locadas, erosões, área de preservação permanente com mata ciliar incompleta e reserva legal não averbada. Algumas sugestões foram propostas pelo autor para melhorar a qualidade ambiental do local como: Realização de análise química do solo para posterior correção e adubação, descompactação do solo, terraceamento agrícola e sua manutenção, adequação de estradas, plantio em nível, adoção do cultivo mínimo (preparo mínimo do solo) e do plantio direto na palha, manutenção de cobertura morta, controle de erosão e estabilização, reforma de pastagem e sua divisão em piquetes, manejo de plantas daninhas, rotação de culturas, reflorestamento ciliar e averbação da reserva legal.

Neary et al. (2009) relatam que a maior sustentabilidade e melhoria da qualidade de fontes de água doce do mundo se originam em ecossistemas florestais. As características químicas, biológicas e físicas dos solos florestais são particularmente adequadas para o fornecimento de água de alta qualidade em bacias hidrográficas, moderando o fluxo, e fornecendo diversos habitats aquáticos. A conversão de florestas em plantações, pastos ou gramados quase sempre resulta na deterioração da qualidade da água. Os sistemas radiculares sob florestas são extensos e relativamente profundos em relação às terras agrícolas e pastos. Essas condições biológicas em florestas criam solos com alta macroporosidade, baixa densidade, alta condutividade hidráulica saturada e taxas de infiltração. O trabalho em questão tratou de uma revisão entre solos florestais, qualidade e quantidade da água. Logo abaixo, é apresentada a importância do monitoramento hídrico e sua relação com o manejo e ocupação do solo.

## **2.4. O monitoramento da água em bacias hidrográficas**

A água é um dos elementos mais importantes e fundamentais para a manutenção da vida com qualidade, para o conforto climático, e complementarmente, para o desenvolvimento econômico, pois todos os processos de produção são dependentes da presença e da qualidade da água. Não há, portanto, sustentabilidade sem o planejamento dos recursos hídricos. Os processos agropecuários em uma bacia hidrográfica dependem fundamentalmente, por via direta ou indireta, da água. Sendo assim, as diferentes atividades em uma bacia, condicionam às alterações no uso e ocupação do solo, e podem afetar a quantidade e o regime da vazão, além da qualidade dos corpos d' água.

A CONAMA (2005) definiu a questão da qualidade da água, visando assegurar às águas com qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas, e diminuir os custos no combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes. Esta estabelece a classificação das águas, segundo seus usos preponderantes, para assegurar seus níveis de qualidade, avaliados por parâmetros e indicadores específicos. A classificação é apresentada na Tabela 2.1.

Tabela 2.1- Classificação das águas, segundo seus usos preponderantes, conforme Legislação Federal.

<b>CLASSES DE ÁGUAS DOCES</b>	<b>USOS</b>
CLASSE ESPECIAL	*Abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção; *Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
CLASSE 1	* Proteção das comunidades aquáticas; * Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho); * Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rente ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; * Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas á alimentação humana.
CLASSE 2	* Abastecimento doméstico, após tratamento convencional; * Proteção das comunidades aquáticas; * Recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho); * Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas; * Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.
CLASSE 3	*Abastecimento doméstico, após tratamento convencional; * Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; *Dessedentação de animais.
CLASSE 4	* Navegação; * Harmonia paisagística; * Usos menos exigentes.
<b>CLASSES DE ÁGUAS SALINAS</b>	<b>USOS</b>
CLASSE 5	* Recreação de contato primário; *Proteção das comunidades aquáticas; *Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.
CLASSE 6	* Navegação comercial; * Harmonia paisagística; * Recreação de contato secundário.
<b>CLASSE DE ÁGUAS SALOBRAS</b>	<b>USOS</b>
CLASSE 7	* Recreação de contato primário; * Proteção das comunidades aquáticas; * Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.
CLASSE 8	* Navegação comercial; * Harmonia paisagística; * Recreação de contato secundário.

Fonte: Adaptada CONAMA (2005).

O termo qualidade da água não se refere, necessariamente, a um estado de pureza, mas simplesmente às características físicas, químicas e biológicas, que são estipuladas em relação às diferentes finalidades da água. Segundo Von Sperling (1998) a água bruta dos corpos d'água, possui componentes que alteram o seu grau de pureza, que podem ser retratados, em termos das suas características. Estas características podem ser manifestadas na forma de parâmetros de qualidade da água. As principais características da água podem ser expressas como:

- a) Características físicas: relacionam-se, majoritariamente, aos sólidos presentes na água, sendo que estes sólidos podem estar em suspensão, coloidais ou dissolvidos, dependendo do tamanho.
- b) Características químicas: são classificadas segundo a presença de matéria orgânica ou inorgânica.
- c) Características biológicas: os seres presentes na água podem ser vivos ou mortos, pertencentes aos reinos animal e vegetal, além dos protistas.

A água é caracterizada por diversos parâmetros, os quais são indicadores da qualidade da mesma e implicam em impurezas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso. Os principais indicadores físicos, químicos e biológicos são apresentados na Tabela 2.2. A seleção dos parâmetros físico-químicos ou biológicos de qualidade da água leva em conta os usos previstos para o corpo d'água e as fontes de poluição existentes na área de estudo.

Tabela 2.2- Os diferentes parâmetros indicadores de qualidade da água.

<b>PARÂMETROS</b>	<b>INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA</b>
Parâmetros Físicos	Temperatura, sabor e odor, cor, turbidez, sólidos (em suspensão e dissolvidos) e condutividade elétrica.
Parâmetros Químicos	pH (potencial hidrogeniônico), alcalinidade, dureza, cloretos, ferro e manganês, nitrogênio, fósforo, fluoretos, Oxigênio Dissolvido (OD), Matéria Orgânica, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), componentes inorgânicos e componentes orgânicos.
Parâmetros Biológicos	Coliformes e algas

Fonte: Adaptada CONAMA (2005).

Segundo Farias (2006), para solucionar os conflitos entre os usos da água, sendo estes para diferentes fins como: abastecimento doméstico e industrial, irrigação, navegação, e recreação, e a preservação qualitativa e quantitativa do manancial, faz-se necessário um programa de monitoramento da qualidade da água para fornecer subsídios para avaliar as condições do manancial e, além disso, propiciar informações para a tomada de decisão com relação ao gerenciamento do recurso hídrico. As informações necessárias para a tomada de decisão devem ser buscadas através de um sistema de informações ambientais referentes que levem em conta os componentes do meio ambiente, ou seja, o conjunto dos meios físico, antrópico e socioeconômico e, desta forma, possibilite o monitoramento das ações antrópicas sobre o ambiente e as respostas deste, na forma de impactos, considerando-se nestes processos a fragilidade do sistema ambiental.

Alguns trabalhos já foram realizados associando a qualidade das águas com os diferentes usos do solo em particular, mostrando os efeitos na qualidade ambiental (BOLSTAD et al.,1997; ARCOVA e CICCO., 1999). Os trabalhos em questão foram realizados respectivamente na América do Norte e América do Sul. Os autores evidenciam os impactos da modificação da paisagem nos parâmetros de qualidade da água e enfatizam que durante eventos de tempestade no período úmido de cada um dos locais de estudo, ocorreu uma maior alteração dos parâmetros de qualidade da água analisados.

Silva et al. (2008) no estudo da influência da precipitação na qualidade da água no rio Purus (localizado no estado do Amazonas) também ressaltou que o regime da precipitação em diferentes localidades pode influenciar os valores de qualidade da água. Os resultados obtidos no estudo citado mostraram que houve correlação negativa entre precipitação e turbidez e positiva entre precipitação e temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido, sólidos suspensos totais e pH. Apesar dos resultados serem preliminares esta pesquisa mostrou que a precipitação parece ser o principal agente influenciador da qualidade da água do rio Purus, uma vez que foi observado que as variáveis monitoradas se correlacionam significativamente com o regime de chuvas do local.

De acordo com Forti et al. (1997) é importante enfatizar que, em se tratando de áreas de estudo sob influência das ações antrópicas, torna-se necessário em função da variação

geológica, pedológica e climática, conduzir estudos de longo prazo em microbacias. Desta forma é possível caracterizar o sistema, e assim, buscar soluções para sua preservação, recuperação e aproveitamento econômico. Este trabalho desenvolveu estudos hidrogeoquímicos para avaliar a variação temporal da composição química das águas de drenagem de uma microbacia hidrográfica no nordeste da Amazônia, e desta forma estudar os efeitos da cobertura vegetal na sazonalidade da composição química das águas desta microbacia. Os autores observaram que durante os meses mais chuvosos ocorre maior exportação de espécies químicas através das águas do igarapé, e assim o sistema se torna mais sensível às perturbações de origem antrópica durante este período.

Wang (2001) enfatiza a relação da qualidade da água com os usos do solo (71 % da área dominada por terras cultivadas e pastagem). A crescente população em uma bacia hidrográfica resulta em aumento de cargas de nutrientes e outros poluentes que podem causar degradação grave da qualidade da água e assim, problemas no uso das águas. A relação espacial entre usos do solo e qualidade da água foi feita com medidas de indicadores biológicos, químicos e de habitat. A qualidade da água é significativamente menor em áreas a jusante de locais com alto impacto humano, onde a terra foi dominada (urbana), ou próximo de pontos com fontes de poluição. O estudo apresenta a importância de integrar a gestão da qualidade da água e o planejamento no uso da terra.

Santos et al. (2007) afirmam que sendo a bacia um sistema complexo que se apresenta sob muitas formas, apontar alguma indicação para seu manejo se torna uma tarefa difícil. No entanto, em caso de desgaste e perda de energia no ecossistema algumas práticas devem ser adotadas emergencialmente. Os autores em questão, fazem análises hidrológicas e socioambientais em microbacias (Córrego Romão dos Reis, Viçosa-MG) devido a necessidade de apontar indicadores de degradação e obter estratégias adequadas de manejo na região de estudo. Assim, por meio da determinação dos fatores físicos da bacia e entrevistas com os moradores e proprietários é possível ter uma relação entre o uso e ocupação da terra e os dados obtidos de vazão, precipitação e qualidade da água.

Silva et al. (2009) relatam que a água ocupa posição de destaque entre os recursos naturais essenciais, pois sua manutenção em condições ideais é extremamente importante para a manutenção da vida no planeta. Os resultados de qualidade da água

deste estudo no Reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE)- Peti - MG, são divididos em: Época de estiagem (setembro, outubro, abril e maio) e chuvosa (novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março) e, no geral, apresentam variação sazonal (2004-2005). Na época chuvosa, parâmetros como sólidos, turbidez e cor aumentam a concentração; sendo observada também maior variação entre as profundidades na época de estiagem, e à medida que se adentra no reservatório (montante para jusante), parâmetros como turbidez, cor e sólidos totais em suspensão diminuem em função da sua própria dinâmica. Pelos parâmetros analisados, não foi possível detectar nitidamente a influência dos diferentes usos do solo na qualidade da água no local de estudo.

Recentemente diversos estudos, como os de Affonso et al. (2011); Manara e Clemente (2011); Medeiros et al. (2009) e Souza e Nunes (2008), em diferentes localidades do Brasil, utilizaram a CONAMA (2005) como referência importante para o monitoramento hídrico. Desta forma, a obtenção dos diferentes aspectos físico-químicos e biológicos da água foi avaliada levando-se em consideração os limites estabelecidos para as diferentes classes de água, segundo a Resolução anteriormente citada, sendo assim, foi feito o enquadramento de cada um dos cursos d'água estudados. Nestes estudos, também foram feitas análises conjunta de precipitação e quantidade de água com os diferentes parâmetros de qualidade da água, levando em consideração o uso e ocupação do solo em cada localidade.

Segundo Queiroz et al. (2010) no estudo do rio principal da microbacia hidrográfica da Sanga Mandarina, localizada no município de Cascavel-PR, foi monitorado vazão e os parâmetros físico-químicos da água, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, pH, temperatura da água, turbidez, cor, nitrato, nitrito, nitrogênio total e fósforo total entre os meses de janeiro à agosto de 2007. Foi feita a determinação da curva-chave da vazão e esta apresentou resultado satisfatório, sendo possível observar correlação entre cota e a vazão. Os resultados das análises físico-químicas indicaram uma boa qualidade da água, pois os parâmetros não ultrapassaram os limites regidos pela Resolução CONAMA (2005) para rios de Classe 2, com exceção do oxigênio dissolvido que em algumas coletas esteve abaixo de  $5 \text{ mg L}^{-1}$ , cor e fósforo total que também ultrapassaram os limites estipulados. A agricultura foi averiguada como atividade predominante na microbacia (88%) e os cursos d'água apresentam cerca de 79% da área de mata ciliar exigida por lei. Foi citado que o manejo do solo na área agricultável com

práticas como o plantio direto e sistema de terraços, e a presença de mata ciliar nos rios influenciaram para a boa qualidade da água no estudo em questão.

Devido à exploração não sustentável dos recursos hídricos, estes se encontram, em geral, com sérios problemas na conservação das águas. A poluição e a escassez das águas é um dos maiores problemas ambientais que a humanidade poderá enfrentar, desta forma o impacto que as mudanças no uso e ocupação do solo têm sobre o ciclo das águas deve ser reconhecido. Portanto, tornam-se importantes os trabalhos de qualidade e quantidade da água, levando em conta as práticas de manejo do solo, enfatizando a sustentabilidade do meio para melhor caracterizar alguns dos elementos (características físicas, precipitação, qualidade da água e vazão) que compõem uma microbacia.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Localização e caracterização da área

A microbacia do Ribeirão dos Macacos, afluente do rio Paraíba do Sul, localiza-se no estado de São Paulo, nos municípios de Guaratinguetá e Lorena, entre as coordenadas de 22°38'56,2''S, 45°15,2'2,6''W e 22°42'45,1''S, 45°6'59,6''W aproximadamente. A Figura 3.1 abaixo mostra a localização da microbacia no estado de São Paulo.

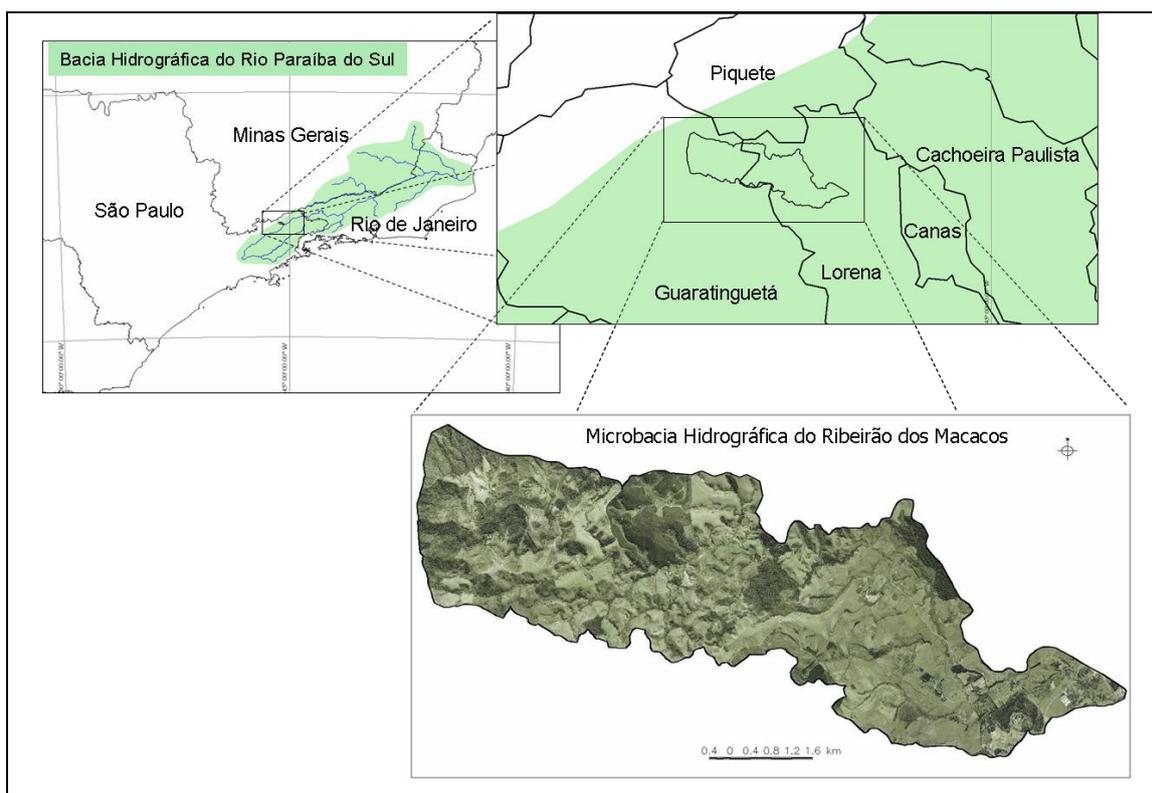


Figura 3.1- Localização da microbacia do Ribeirão dos Macacos-SP.

Fonte: Instituto Oikos de Agroecologia [ca. 2009].

A bacia hidrográfica apresenta área de aproximadamente 39 km<sup>2</sup>, o equivalente a 3900 hectares (Figura 3.2). O Ribeirão dos Macacos nasce no município de Guaratinguetá e adentra em Lorena pelo noroeste, a aproximadamente dois quilômetros da divisa dos municípios de Lorena e Piquete. Suas principais nascentes localizam-se em cotas próximas dos 1100 m, nos contrafortes da Serra da Mantiqueira, no município de Guaratinguetá. No seu percurso total de 19,12 km, apresenta um desnível médio de 27,7m/km, com os maiores desníveis no município de Guaratinguetá, onde se localiza aproximadamente 40% da microbacia. O Ribeirão dos Macacos deságua no rio Paraíba

do Sul, nas proximidades da Rodovia Federal BR 459, que liga Lorena a Itajubá em Minas Gerais, na cota aproximada de 520 m.

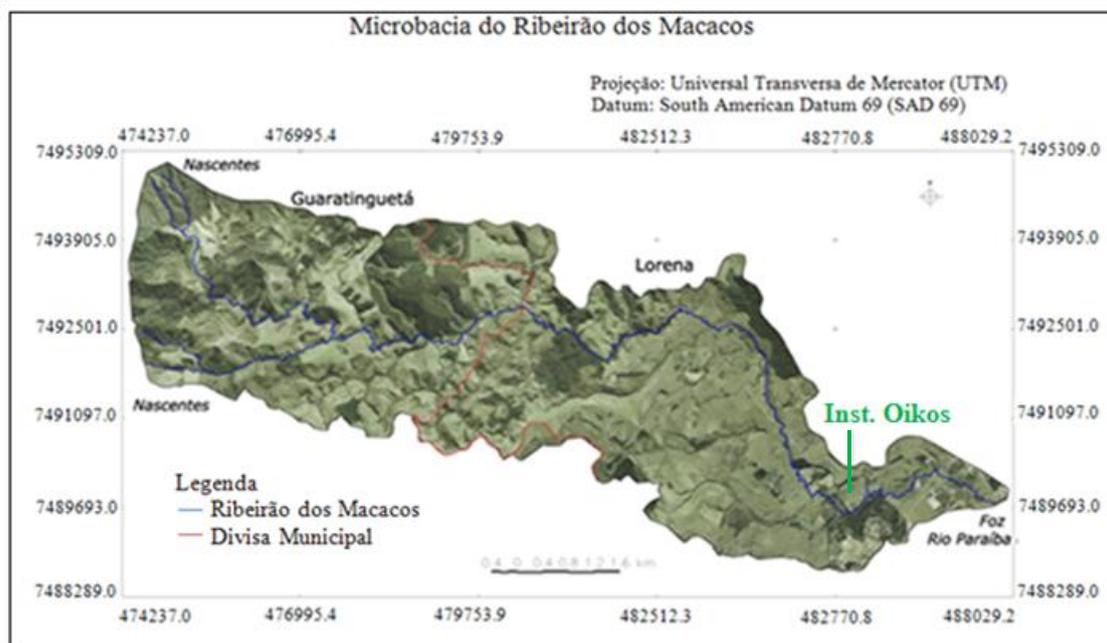


Figura 3.2- Mapa hidrográfico da microbacia do Ribeirão dos Macacos.  
Fonte: Instituto Oikos de Agroecologia [ca. 2009].

Com largura média variando entre aproximadamente 2 e 5 metros, o Ribeirão dos Macacos tem profundidade relativamente uniforme desde suas áreas mais altas, que variam em média de 0,50 m no período da seca a 1,60 metros no período de chuvas. A área de estudo de monitoramento da qualidade e quantidade de água e acompanhamento das práticas ambientais corresponde a aproximadamente 400 hectares da microbacia do Ribeirão dos Macacos.

### 3.2. Características do relevo na microbacia

O relevo apresenta-se com diferentes feições no entorno da área do Ribeirão dos Macacos, assim, tem-se: as planícies, que são parte da porção na margem esquerda do Rio Paraíba do Sul, bem mais estreita em extensão do que a da margem direita. Acompanhando a bacia e afastando-se do Rio Paraíba do Sul, em direção ao município de Guaratinguetá, tem início a feição de relevo conhecida como “mares de morros”, a qual é composta por morros isolados e colinas onduladas; e por último, a Serra da Mantiqueira, cujos contrafortes começam a se formar a partir da altitude de 700 metros, próximo à divisa dos municípios de Lorena e Guaratinguetá.

Na Tabela 3.1 encontra-se a relação entre a declividade e o percentual da área da microbacia que se apresenta com diferentes graus de instabilidade. Pode-se ressaltar que dois fatores contribuem para aumentar a instabilidade do terreno, a alta pluviosidade e a ausência de vegetação.

Tabela 3.1- Relação entre a declividade e o grau de instabilidade na microbacia do Ribeirão dos Macacos.

<b>Declividade</b>	<b>Grau de instabilidade</b>	<b>Percentual da área</b>
< 5%	muito baixo	16,3%
5-12%	baixo	13,4%
12 – 30%	médio	31,9%
30-47%	alto	20,4%
> 47%	muito alto	17,9%

Fonte: Adaptada do Instituto Oikos de Agroecologia [ca. 2009].

A Tabela 3.1 evidencia que aproximadamente 38% da microbacia inserem-se dentro das classes de alto a muito alto grau de instabilidade com relação aos processos erosivos, impostos muitas vezes pela pluviosidade regional, ausência de cobertura vegetal e outros fatores como a geologia e tipo de solo. Estas áreas estão relacionadas com as feições do terreno atribuídas aos mares de morros e aos contrafortes da Serra da Mantiqueira, no município de Guaratinguetá.

As áreas com grau médio de instabilidade representam 31,9% da microbacia, com grau de declividade entre 12-30%, também de significativa importância e que estão espalhadas por toda a microbacia, mas encontram-se concentradas principalmente nos morros isolados do município de Guaratinguetá e nas baixas colinas que circundam as planícies do município de Lorena.

Declividades menores do que 12%, onde o grau de instabilidade a processos erosivos é considerado de baixo a muito baixo, estão relacionadas, às altitudes abaixo de 600m, caracterizando as áreas de planícies do Município de Lorena. Na Figura 3.3 se pode observar a área de atuação do Instituto Oikos de Agroecologia (destacada em azul) e a declividade da área de 5 à >47%, com grau de instabilidade de muito baixo à muito alto.

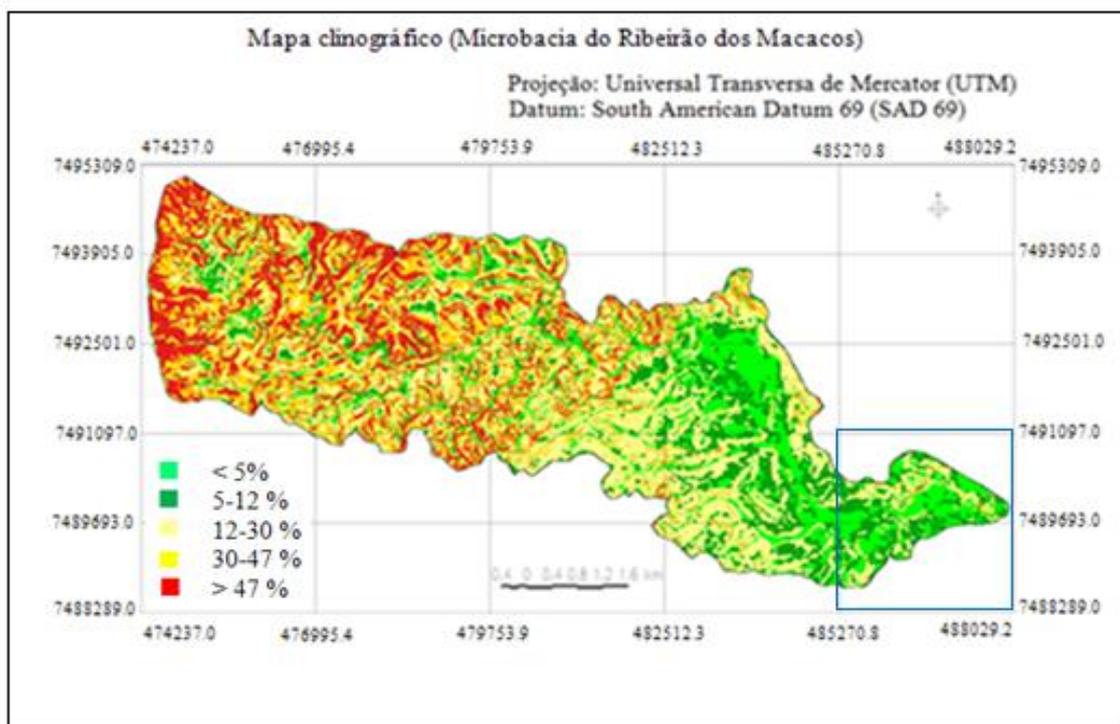


Figura 3.3- Mapa clinográfico da microbacia do Ribeirão dos Macacos.  
 Fonte: Instituto Oikos de Agroecologia [ca. 2009].

### 3.3. Características do uso e ocupação do solo na microbacia

O padrão de uso do solo na microbacia do Ribeirão dos Macacos é predominantemente rural, sendo a principal atividade a pecuária leiteira que é praticada em fazendas de médio porte, seguida pelo plantio comercial de eucalipto. Pode-se dizer que, para a área rural, que compõe mais de 97% de toda a microbacia, foram classificados nove tipos mais significativos de uso e ocupação do solo (Figura 3.4), que também estão presentes na área de atuação do Instituto Oikos de Agroecologia (destacada em azul) e descritos adiante.

**Pastagem:** Predominante no uso do solo da microbacia representa 68% de toda a área e se encontra disseminada por toda a bacia, correspondendo a aproximadamente 2600 hectares. A principal atividade econômica praticada é a pecuária leiteira (doze propriedades), seguida da pecuária de corte (seis propriedades) concentrada, principalmente, no Município de Guaratinguetá. As áreas de pastagem estão cobertas por plantios de braquiárias e de outras espécies exóticas de gramíneas. Quando localizada em áreas de maior declive, a pastagem encontra-se, em grande parte submetida a processos erosivos, com significativa perda de solo e empobrecimento da mesma.

**Plantações:** Se encontram dispersas em meio às pastagens, e correspondem tanto a capineiras nas propriedades rurais como a plantios de hortas e pomares. Abrangem 1,7% da área total da microbacia, correspondendo a 66 hectares.

**Fragmentos florestais:** Foram subdivididas em três estágios principais do desenvolvimento florestal: Fragmentos em Estágio Médio (FSM); Fragmentos em Estágio Inicial (FSI); e as Capoeiras, que representam a primeira fase de regeneração da cobertura florestal de uma região.

Os fragmentos relacionados com o estágio médio de desenvolvimento florestal (FSM) subdividem-se em dois importantes fragmentos no município de Lorena, localizados nas áreas de transição entre as planícies e os morros isolados. Os fragmentos são localmente denominados de “Mata do Cornelinho” (70 hectares no total, 57 hectares na bacia) e “Mata Mãe D’água” (68 hectares) totalmente inserida na microbacia do Ribeirão dos Macacos. Fragmentos de igual porte são encontrados nas partes altas da microbacia, nas encostas da Serra da Mantiqueira, onde estes se intercalam com fragmentos de estágios florestais menos desenvolvidos (FSI e Capoeira). Os fragmentos de floresta em Estágio Médio de Desenvolvimento (FSM) perfazem, em conjunto, 10,7% da microbacia, correspondendo a aproximadamente 400 hectares da área.

Os fragmentos de Floresta Secundária Inicial (FSI), com idade de aproximadamente 30 anos, por sua vez, têm sua melhor representação no município de Guaratinguetá e abrangem 7,5%, correspondendo a aproximadamente 285 hectares do total do uso do solo na microbacia.

Correspondente ao primeiro estágio de recuperação florestal tem-se a Capoeira, esta se relaciona com áreas de pastagem abandonadas onde se observa a presença de arbustos e o reflorestamento, em geral, por alguns tipos de vegetação arbórea pioneira predominante, popularmente conhecida como a “embaúba e a sangra-d’água”. Ocorrem tipicamente em beira de rios e, abrangem 3,7% da microbacia, o equivalente a aproximadamente a 140 hectares.

**Reflorestamento:** O plantio de eucalipto na área se refere a dois grupos: O reflorestamento comercial, sendo o maior plantio localizado em Guaratinguetá, na

porção noroeste e centro-sul da microbacia que em conjunto, perfazem mais de 160 hectares da microbacia hidrográfica do Ribeirão dos Macacos. E o reflorestamento que se refere aos plantios mais antigos de eucalipto e que se localizam na porção final da microbacia. São áreas onde já existe desenvolvimento de sub-bosque e, portanto, de característica e função ecológica distinta dos eucaliptos comerciais. Os plantios de eucalipto abrangem 5,7% da microbacia, o equivalente a pouco mais de 200 hectares.

**Área urbano-industrial:** A área de ocupação urbano-industrial da microbacia localiza-se próximo à foz do Ribeirão dos Macacos, no município de Lorena, e abrange aproximadamente 90 hectares da microbacia (3%).

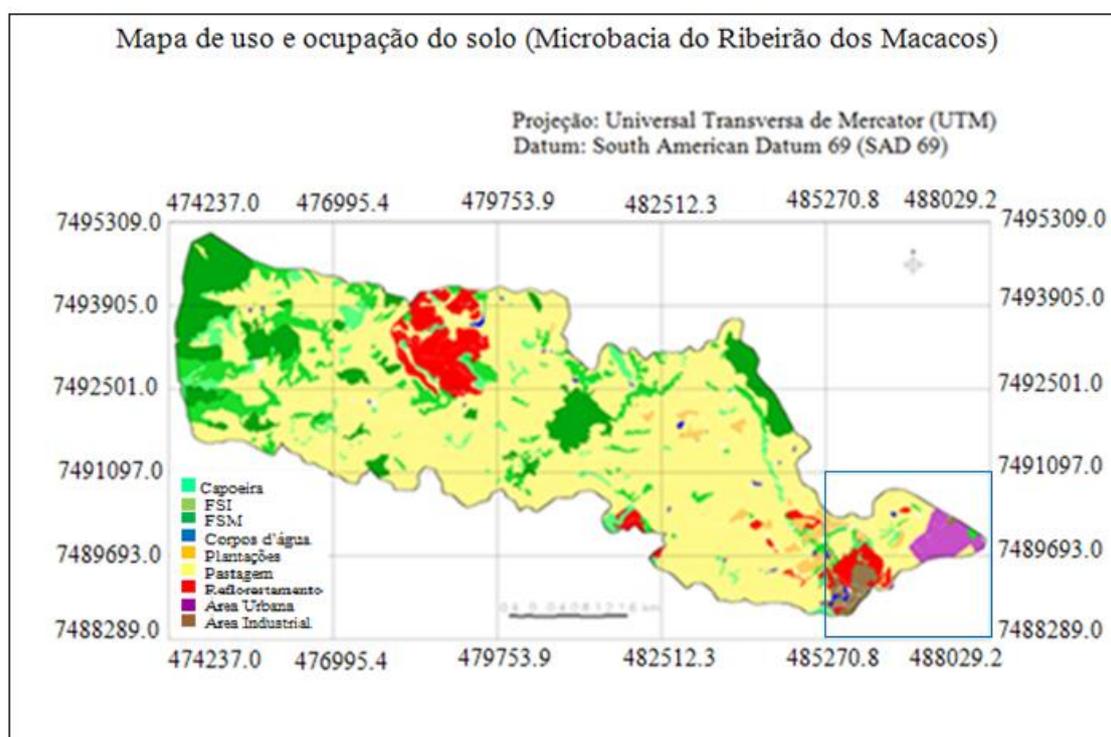


Figura 3.4- Mapa do uso do solo na microbacia do Ribeirão dos Macacos.

Fonte: Instituto Oikos de Agroecologia [ca. 2009].

De acordo com o mapa de uso do solo (Figura 3.4), é importante ressaltar que as Áreas de Preservação Permanente (APP's) na microbacia correspondem a aproximadamente 30 % do que deveria, ou seja, 70% das áreas destinadas as APP's estão irregularmente ocupadas na sua maior parte por áreas de pastagens. Este levantamento foi feito segundo a Resolução que estava em vigor na época (CONAMA, 2002), porém com as mudanças que vem sendo propostas e discutidas a respeito do Código Florestal Brasileiro, este levantamento de APP deve ser mudado.

### **3.4. As ações de recuperação ambiental efetuadas na microbacia**

As ações de recuperação e saneamento ambiental em alguns trechos da microbacia do Ribeirão dos Macacos foram efetuadas e acompanhadas pelo Instituto Oikos de Agroecologia, como parte do projeto financiado pelo FEHIDRO (Fundo Estadual de Recursos Hídricos). As ações propostas levaram em consideração a recuperação de áreas de preservação permanente de rios e nascentes e o saneamento em propriedades rurais locais. Essas ações de controle tanto na utilização dos recursos hídricos quanto no uso e ocupação do solo apresentam como objetivos principais a recuperação da cobertura vegetal para diminuir a erosão, o tratamento de esgoto (primário), além da conscientização dos produtores rurais da região quanto à sustentabilidade da microbacia. Assim, com estas diferentes ações ambientais se pode propor um modelo de manejo agropecuário com práticas sustentáveis dos recursos naturais.

Para a implantação das diferentes ações foram realizadas visitas aos proprietários rurais da região (30/06/2009 à 17/9/2009), aplicando-se um questionário para se localizar: as nascentes, existência de fossa negra (escavação sem revestimento interno para depósito do esgoto) e fossas sépticas, além dos depósitos de lixo criados na região. A área também foi vistoriada quanto ao uso e ocupação do solo, assim foram implantadas áreas de preservação permanente (APP's) e pastejo rotacionado do tipo "Voisin" em alguns trechos.

As APP's são importantes, pois foram criadas para proteger o ambiente natural, portanto não são áreas apropriadas para alteração de uso da terra, devendo estar cobertas com a vegetação original. Nestas áreas a cobertura vegetal irá atenuar os efeitos erosivos e a lixiviação dos solos, contribuindo também para regularização do fluxo hídrico, redução do assoreamento dos cursos d'água e reservatórios, e trazendo também benefícios para a fauna e flora (COSTA et al., 1996).

Os serviços de saneamento básico sem dúvida são essenciais à vida na microbacia, com fortes impactos sobre a saúde da população e ao meio ambiente. Por meio da fossa séptica, muito usada no meio rural, se tem o tratamento primário de esgoto, onde ocorre a separação e transformação físico-química da matéria sólida contida no esgoto. Assim

pode-se minimizar em parte a poluição decorrente do efluente que será lançado no Ribeirão dos Macacos.

Com o pastejo rotacionado é possível oferecer maior uniformidade e eficiência de pastejo, visando o planejamento de práticas de manejo sustentável do solo. O pastejo rotacionado pioneiro foi o Voisin (1976), cujos princípios são simples. O pastejo deve ser conduzido de modo a não permitir o rebaixamento excessivo das plantas forrageiras. Conforme as espécies, e com o hábito de crescimento as forrageiras devem passar por um período de descanso. Deve-se respeitar o período de descanso e a altura da pastagem na entrada e saída dos animais (LORENZETTI et al., 2008). Assim, o pastejo rotacionado caracteriza-se pela mudança periódica dos animais de uma área para outra de maneira que as áreas de pastagens sejam divididas em piquetes (lotes).

Na fase inicial de atuação do Instituto Oikos de Agroecologia na área, foram avaliadas 14 nascentes afluentes da microbacia do Ribeirão dos Macacos com o monitoramento de suas áreas de preservação permanente juntamente com os processos erosivos e de assoreamento do corpo d'água, verificando-se as condições em que estas se encontravam, sendo que muitas estavam sendo usadas para dessedentação de animais (bovinos utilizam desta água para matar a sede e se refrescar). Neste contexto, como medidas paliativas foram instalados bebedouros para o gado e chorumeiras em algumas propriedades (armazenagem dos dejetos a fim de tornar insumo agrícola, como uma tentativa de impedir que os dejetos sejam carreados para os cursos d'água subterrâneos e superficiais).

O Instituto Oikos de Agroecologia a partir de questionários aplicados aos proprietários rurais da região selecionou as propriedades mais necessitadas das diferentes práticas, anteriormente citadas, no intuito de eliminar parte das fontes pontuais de contaminação da microbacia. Na Tabela 3.2 apresentam-se as fazendas e as respectivas ações que ocorreram envolvendo os pontos de monitoramento da qualidade e quantidade (descritos mais adiante) e os proprietários da região (pontos de apoio utilizados).

Tabela 3.2- Fazendas de atuação do Instituto Oikos de Agroecologia e suas respectivas ações.

<b>Proprietários</b>	<b>Ações de recuperação</b>
Propriedade da Sra. Marisa Nunes (P <sub>1</sub> )	Instalação de bebedouro para o gado (início: 01/06/2010).
Propriedade do Sr. José Fernando (P <sub>2</sub> ).	Instalação de bebedouro para o gado (início: 01/06/2010).
Propriedade do Sr. Fernando Miyazaki (P <sub>3</sub> ).	Implantação de 2,5 hectares de pastejo rotacionado “Voisin” (início: 08/09/2009), instalação de uma chorumeira (início: 23/06/2010), uma fossa séptica (início: 09/04/2010) e bebedouro para o gado (início: 01/06/2010).
Propriedade do Sr. Darci de Paula (P <sub>4</sub> ).	Implantação de 2,5 hectares de pastejo rotacionado “Voisin” (início: 08/09/2009), Restauração de 1,5 hectares de Áreas de Preservação Permanente (início: 03/05/2010).
Propriedade do Sr. José Raimundo Ferreira (Ponto de apoio).	Instalação de duas fossas sépticas (início: 09/04/2010), Limpeza de três fossas negras (início: 09/04/2010) e instalação de bebedouro para o gado (início: 01/06/2010).
Propriedade do Sr. Arnaldo Leite (Ponto de apoio).	Instalação de duas fossas sépticas (início: 09/04/2010).
Propriedade da Sra. Regina Nunes.	Instalação de bebedouro para o gado (início: 01/06/2010).
Propriedade da Sr. Luiz Domingos Bastos.	Instalação de bebedouro para o gado (início: 01/06/2010).

### 3.5. A precipitação na microbacia

Na sede do Instituto Oikos de Agroecologia, nas coordenadas de 22°42'5,4''S, 45°08'38,5''W, está instalado um pluviômetro (COMIND) que mede a precipitação na microbacia. Com os doze anos de dados (1999-2010) deste pluviômetro são analisados:

- Os totais mensais e anuais de precipitação para todos os anos evidenciando os anos mais secos e úmidos do período, os números de dias com precipitação/ano, além da frequência dos casos de precipitação (dias com precipitação (mm)) de toda a série histórica, com precipitação igual ou acima a 1 mm (este limiar também foi adotado por Dereczynski et al., 2009 no estudo da climatologia da precipitação no município do Rio de Janeiro).

- Por meio de informações das edições mensais do Boletim Climanálise-CPTEC/INPE é verificado os principais sistemas meteorológicos atuantes, SF e ZCAS na região (localizada no Sudeste do Brasil-SEB), estes são relacionados com os totais de precipitação do pluviômetro (SF- precipitação total anual, ZCAS+SF- precipitação total do verão).

- Os maiores totais diários de precipitação e seu tempo de retorno no período de 1999-2010, por meio da distribuição de Gumbel para máximos, assim como a extrapolação do tempo de retorno (30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100 anos) e obtenção da precipitação esperada (adaptado de WILKEN; TANAKA, 1981; MAIDMENT, 1992).

Para se obter os eventos extremos de precipitação esperados a partir da série histórica de dados da precipitação diária na microbacia em questão (1999-2010), é utilizada uma série parcial. Esta série consiste da ordenação (crescente) dos trinta maiores valores diários de precipitação ocorridos. Em seguida, foi obtido a distribuição de Gumbel para máximos.

Desta maneira, utilizam-se as equações a seguir, sendo a função densidade de probabilidade (FDP) de Gumbel para máximos dada por:

$$FDP(X; \mu, \alpha) = \alpha e^{\{-\alpha(X-\mu) - e^{-\alpha(X-\mu)}\}} \quad (3.1)$$

Em que  $\alpha$  e  $\mu$  são parâmetros calculados em função da média ( $\bar{X}$ ) e do desvio padrão (S) da amostra (considerando-se o método dos momentos).

Da integração da Equação anterior (3.1), se tem a função cumulativa de probabilidade (FCP) (Equação 3.2), e desta pode-se obter a precipitação esperada (Equação 3.5).

$$P(x \geq x_i) = 1 - e^{-e^{-\alpha(x-\mu)}} \quad (3.2)$$

Desta forma obtém-se o ajuste da distribuição de Gumbel para máximos, e posteriormente é feita a análise da distribuição de probabilidade utilizada, por meio do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov (assim, quando  $|\Delta F|_{\text{calculado máx}} \leq |\Delta F|_{\text{tabela}(n,\alpha)}$  aceita-se a hipótese  $H_0$ , sendo a distribuição de probabilidade utilizada

adequada) (COSENTINO, 1977). Se a distribuição de probabilidade utilizada é adequada, torna-se possível extrapolar o tempo de retorno e obter os seus respectivos valores de precipitação esperada (mm).

Para verificação do evento extremo de máximo total diário de precipitação (mm) ocorrido são utilizados os dados de outras PCD's localizadas no Vale do Paraíba-SP (Cachoeira Paulista, Campos do Jordão, Guaratinguetá e Silveiras) (CPTEC/INPE). Na análise e visualização sinótica deste evento, são selecionadas as imagens de satélite no canal infravermelho com e sem realce, e os campos de reanálise dos dados diários (vento, pressão ao nível médio do mar (PNMM) e umidade específica) do NCEP/ National Center for Atmospheric Research (NCAR), com resolução de 2,5° x 2,5° lat./lon. Para obtenção dos mapas dos campos de reanálise citados é utilizado o software GrADS 1.9 © (SOUZA, 2004).

### **3.6. Distribuição espacial dos dados de precipitação na região**

Por meio dos dados das Plataformas de Coleta de Dados (PCD's) localizadas no Vale do Paraíba (CPTEC/INPE), é possível espacializar a precipitação (mensal e diária) e obter a precipitação em determinada localidade na microbacia. Para interpolação da precipitação por meio da técnica da Krigagem, é utilizado o software Surfer 8.0 ©, este gera mapas de distribuição espacial da precipitação (GOLDEN SOFTWARE, 2002). Na Tabela 3.3 e Figura 3.5, encontram-se respectivamente, a localização e o mapa com as Plataformas de Coleta de Dados (PCD's) na região de estudo.

Tabela 3.3- Localização das Plataformas de Coleta de dados (PCD's) (CPTEC/INPE).

LOCALIZAÇÃO DAS PCD's	INSTALAÇÃO (DATA)	ALTITUDE (m)	COORDENADAS	
			S	W
Cachoeira Paulista-SP (PCD)	10/10/1997	563	22° 40' 43''	45° 00' 10''
Campos do Jordão-SP (PCD)	10/06/1999	1590	22° 43' 08''	45° 36' 26''
Guaratinguetá-SP (PCD)	8/11/2002	539	22° 48' 05''	45°11' 31''
Piquetes (PCD)	4/11/2009	1144	22° 31' 35''	45°08' 49''
Silveiras-SP (PCD)	25/09/1998	1219	22° 48' 22''	44°50' 34''
Taubaté-SP (PCD)	17/08/2006	587	22° 01' 59''	45°30' 33''

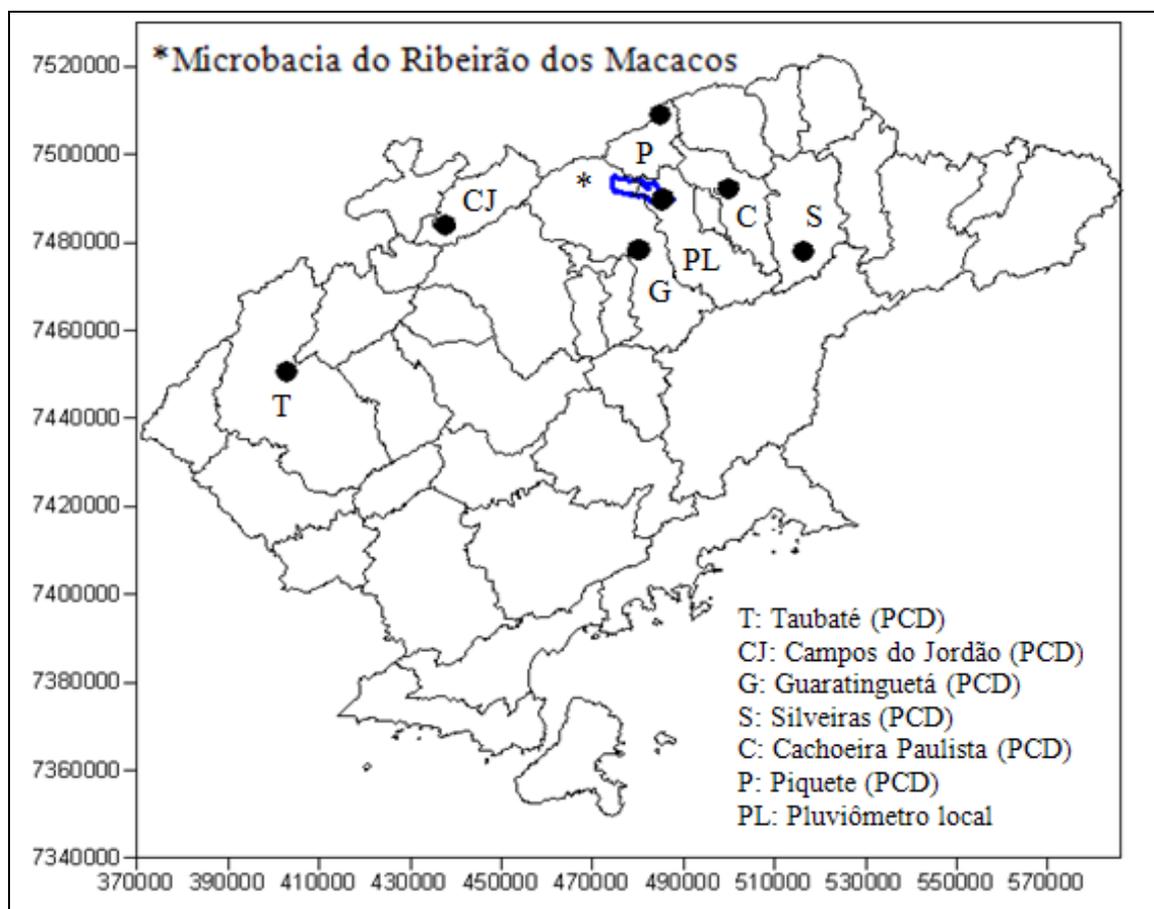


Figura 3.5- Mapa com a localização das PCD's próxima a região da Microbacia do Ribeirão dos Macacos (delimitada em azul).

As PCD's utilizadas neste estudo estão instaladas em torres de 10 metros e, os dados gerados são transmitidos via satélite, que funcionam como retransmissores de informações. Assim por meio dos satélites é estabelecida a comunicação entre uma

plataforma e as estações de recepção. Os dados das PCD's são coletados e armazenados por um "datalogger", sendo obtido o registro dos dados a intervalos, da ordem de minutos ou até segundos, dependendo da duração e intensidade da precipitação. Também são medidos outros dados horários como: Temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento ( $\text{m s}^{-1}$ ), radiação solar ( $\text{w m}^{-2}$ ) e pressão atmosférica (mb).

O método geoestatístico da Krigagem pode ser utilizado quando não se tem medições de precipitação no local desejado. A interpolação mensal e diária dos dados de precipitação foi para o período de Junho/2010 até julho/2011, toda vez que alguma das PCD's ou pluviômetro local ultrapassou ou foi igual o valor de 1 mm precipitado. O período da interpolação da precipitação (mensal e diária) compreende parte do período do monitoramento da qualidade e quantidade de água na microbacia (descrito mais adiante).

Todos os dados relacionados (interpolados e observados) se encontram na mesma localização geográfica (coordenadas de  $22^{\circ}42'5,4''\text{S}$ ,  $45^{\circ}08'38,5''\text{W}$ ). Desta forma, obteve-se a análise de variância (valor do teste F) da regressão linear dos valores de precipitação observada (dados do pluviômetro localizado na sede Instituto Oikos de Agroecologia) em relação aos valores de precipitação mensal e diária interpolada (dados das PCD's localizadas no Vale do Paraíba) separadamente. Assim sendo, é possível observar significância em cada um dos modelos de regressão linear obtidos quando o valor  $F_c$  (F calculado) for maior que o  $F_t$  (F tabelado) (COSENTINO, 1977). Desta forma é possível validar a técnica da interpolação da precipitação utilizando o método da Krigagem, e assim recomendar ou não o uso desta técnica em outros estudos que não possuem dados de precipitação.

A estrutura teórica da Krigagem é baseada no conceito de variável regionalizada, que é uma variável distribuída no espaço (ou tempo), cujos valores são considerados como realizações de uma função aleatória. Esta teoria permite incluir hipóteses estatísticas em processos espaciais locais. A variação espacial de uma variável regionalizada pode ser expressa pela soma de três componentes: a) uma componente estrutural, associada a um valor médio constante ou a uma tendência constante; b) uma componente aleatória, espacialmente correlacionada; e c) um ruído aleatório ou erro residual. Se o vetor  $x$

representa uma posição em uma, duas ou três dimensões, então o valor da função aleatória  $Z$ , em  $x$ , é dada por:

$$Z(x) = \mu(x) + \varepsilon'(x) + \varepsilon'' \quad (3.3)$$

em que:

$\mu(x)$ : é uma função determinística que descreve a componente estrutural de  $Z$  em  $x$ ;

$\varepsilon'(x)$ : é um termo estocástico correlacionado, que varia localmente;

$\varepsilon''$ : é um ruído aleatório não correlacionado, com distribuição normal, com média zero e variância  $\sigma^2$ .

A hipótese mais simples sobre o comportamento da variável regionalizada é que a média do fenômeno,  $\mu(x)$ , seja constante na região de estudo, o que implica em não haver variação significativa na larga escala, dando origem aos interpoladores de Krigagem ordinária. Na hipótese da Krigagem ordinária,  $\mu(x)$  é constante e denotada por  $m$ . Deste modo, o valor esperado da função aleatória  $Z$  nas posições  $x$  e  $x + h$  são iguais a  $m$ . Isto implica que o valor esperado da diferença entre os valores observados em  $x$  e  $x + h$ , separados por um vetor de distância  $h$ , é nulo:

$$E [Z(x) - Z(x+h)] = 0 \quad (3.4)$$

Admite-se também que o fenômeno considerado seja estacionário de segunda ordem, isto é, a covariância entre dois pares quaisquer  $Z(x)$  e  $Z(x + h)$ , separados por um vetor distância  $h$ , existe e depende somente de  $h$ . Então:

$$C(h) = \text{COV} [Z(x), Z(x+h)] = E[Z(x).Z(x+h)] - m \quad (3.5)$$

Adicionalmente, a estacionariedade da covariância implica na estacionariedade da variância:

$$\text{Var}(Z(x)) = E [Z(x) - m]^2 = E[Z^2(x)] - 2E[Z(x)].m + m^2 \quad (3.6)$$

ou ainda,

$$\text{Var}(Z(x)) = E[Z^2(x)] - 2m.m + m^2 = E[Z^2(x)] - m^2 = C(0) \quad (3.7)$$

Deste modo, verifica-se que as hipóteses de média constante e estacionariedade da covariância implicam que a determinação da função  $C(h)$  é suficiente para caracterizar a variável regionalizada. Isto quer dizer que, com base na Equação 3.3, a função  $C(h)$  permite caracterizar o termo estocástico  $\varepsilon'(x)$ . Para determinar  $C(h)$ , utiliza-se uma função auxiliar, chamada de função variograma  $2\gamma(h)$ , definida por:

$$2\gamma(h) = E[Z(x) - Z(x+h)]^2 \quad (3.8)$$

que pode ser desenvolvida em:

$$2\gamma(h) = E[Z^2(x)] - 2 E[Z(x).Z(x+h)] + E[Z^2(x+h)] \quad (3.9)$$

Da equação (3.7), obtém-se:

$$E[Z^2(x)] = E[Z^2(x+h)] = C(0) + m^2 \quad (3.10)$$

e da equação (3.5) obtém-se:

$$E[Z(x).Z(x+h)] = C(h) + m^2 \quad (3.11)$$

Substituindo as equações (3.10) e (3.11) na equação (3.9), obtém-se:

$$2\gamma(h) = 2C(0) - 2C(h) \text{ ou } \gamma(h) = C(0) - C(h) \quad (3.12)$$

em que:

$\gamma(h)$  representa o semivariograma, que permite representar quantitativamente a variação de um fenómeno regionalizado no espaço, e que é metade do variograma. A relação em (3.12) indica que, sob a hipótese de estacionariedade de 2ª ordem, a covariância e o semivariograma são formas alternativas de caracterizar a autocorrelação dos pares  $Z(x)$  e  $Z(x+h)$ , separados por um vetor (CAMARGO et al. 2004).

### 3.7. Medições de qualidade e quantidade de água na microbacia

Para a escolha dos pontos de medição dos parâmetros de qualidade da água na microbacia do Ribeirão dos Macacos é levado em consideração o uso e ocupação do solo e as ações que foram realizadas pelo Instituto Oikos de Agroecologia descritas anteriormente. Na Tabela 3.4 se encontram as fazendas juntamente com os seus respectivos pontos de monitoramento da qualidade da água: P<sub>1</sub>, P<sub>3</sub> e P<sub>5</sub> localizados na entrada, na porção intermediária e na saída do sistema avaliado, respectivamente. P<sub>2</sub> e P<sub>4</sub> estão na saída de nascentes que devem ser recuperadas (Figura 3.6).

Tabela 3.4- Localização dos pontos para a amostragem da qualidade da água.

PONTOS DE AMOSTRAGEM	LOCALIZAÇÃO	ALTITUDE (m)	COORDENADAS	
			S	W
P <sub>1</sub>	Propriedade da Sra. Marisa	550	22° 40'32,0"	45°09'21,2"
P <sub>2</sub>	Propriedade do Sr. José Fernando	537	22° 41'01,9"	45°08'55,3"
P <sub>3</sub>	Propriedade do Sr. Fernando Miyazaki	548	22° 41'18,3"	45°09'04,5"
P <sub>4</sub>	Propriedade do Sr. Darci de Paula	567	22° 41'38,1"	45°08'59,3"
P <sub>5</sub>	Antiga fazenda da conceição	558	22° 41'55,4"	45°08'20,8"

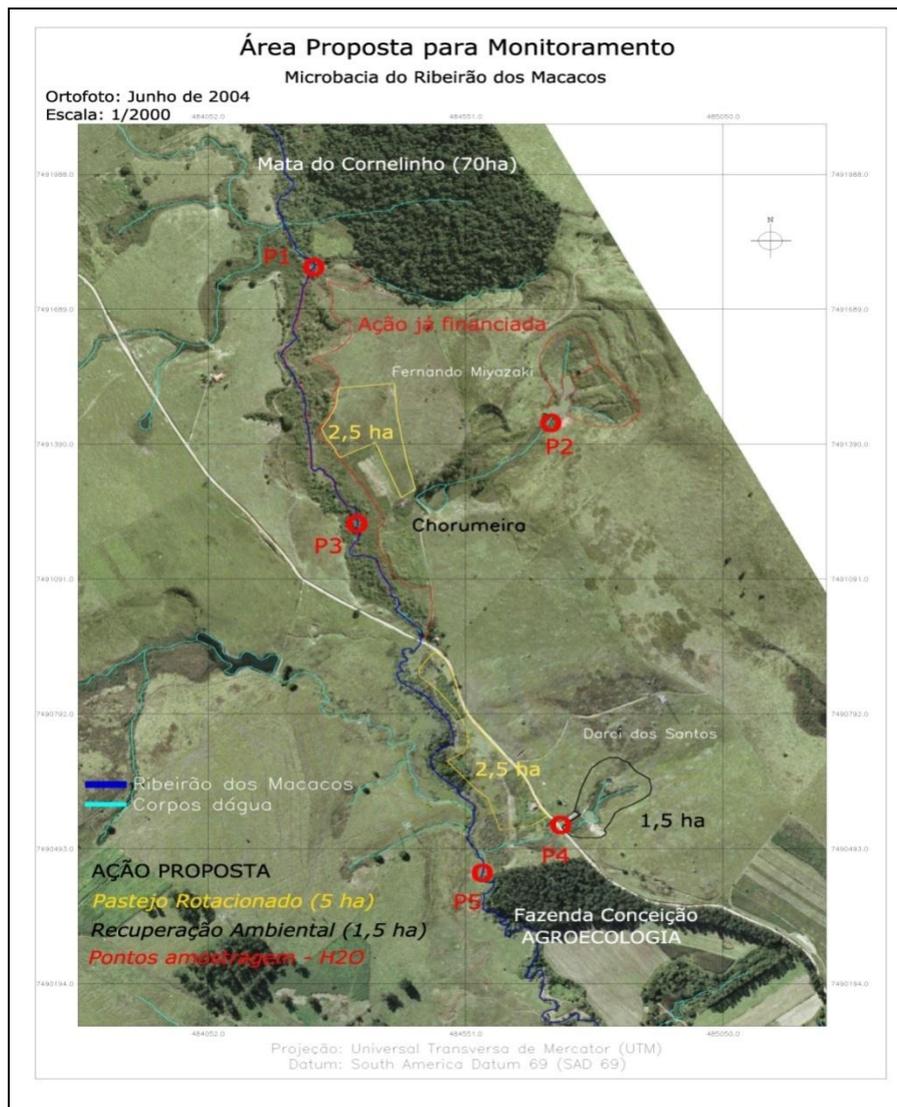


Figura 3.6- Área de estudo proposta para os cinco pontos de monitoramento dos parâmetros de qualidade da água na microbacia.  
 Fonte: Instituto Oikos de Agroecologia [ca. 2009].

O monitoramento feito em campo da qualidade e altura da lâmina d'água na microbacia é realizado por meio de uma sonda multiparâmetros (YSI 6820) que mede as seguintes características de qualidade da água: Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), Potencial hidrogeniônico-pH, condutividade ( $\text{uS cm}^{-1}$ ), oxigênio dissolvido-OD ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e altura da lâmina d'água na microbacia (m). Os dados provenientes da sonda multiparâmetros são armazenados em um datalogger, que consiste num sistema de acumulação de dados que se encontra ligado à sonda. As definições dos parâmetros medidos e monitorados em campo (segundo o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995)) seguem abaixo (segundo as seguintes literaturas: CONAMA, 2005; ESTEVES, 1988):

**Temperatura:** Desempenha papel importante no controle de espécies aquáticas, desta forma, pode influir no retardamento ou aceleração da atividade biológica, na absorção de oxigênio e precipitação de compostos.

**Potencial hidrogeniônico-pH:** O pH pode ser considerado uma das variáveis ambientais mais importantes e ao mesmo tempo uma das mais difíceis e complexas de se interpretar, devido ao grande número de fatores que podem alterá-lo. O parâmetro em questão indica a intensidade da condição ácida ( $H^+$ ) ou alcalina ( $OH^-$ ) de uma solução. Em termos de concentração de íons de hidrogênio  $H^+$  é definido como o logaritmo negativo da concentração molar de íons de hidrogênio ( $pH = -\log [H^+]$ ).

A grande maioria dos corpos d' água tem pH variando entre 6 e 8; no entanto ambientes mais ácidos ou mais alcalinos apresentam comunidades animais e vegetais características. Nos ecossistemas que apresentam valores baixos de pH são encontradas altas concentrações de ácido sulfúrico, nítrico, oxálico, acético, além de ácido carbônico, formado, principalmente, pela atividade metabólica dos microorganismos aquáticos. Já os ecossistemas que apresentam valores altos de pH são encontrados geralmente em regiões com balanço hídrico negativo, em ambientes influenciados pelo mar (contribuições de carbonatos e silicatos) e em regiões cársticas (ricas em cálcio).

**Condutividade:** É a capacidade da água em conduzir corrente elétrica em função da concentração de íons presente na água. Esta variável é de grande importância, pois permite identificar os íons mais diretamente responsáveis pelo aumento da condutividade nas águas. A condutividade fornece informações importantes a respeito do metabolismo dos ecossistemas aquáticos, como produção primária (redução dos valores) e decomposição (aumento dos valores), além de outros fenômenos que ocorrem no corpo d' água. Assim, alguns fatores podem influenciar na composição iônica dos corpos d' água, como a geologia da bacia e o regime das chuvas. Nos ecossistemas aquáticos, a condutividade pode detectar fontes de poluição além de diferenças geoquímicas do rio principal e seus afluentes.

**Oxigênio Dissolvido:** Elemento essencial para o metabolismo dos seres aquáticos aeróbicos é um dos gases dissolvidos na água mais importante na dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos. As principais fontes de OD na água são a

atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas são: O consumo pela decomposição de matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos, como o ferro e manganês. Ao longo do corpo d'água o conteúdo de OD pode variar em função de alterações ambientais e devido as condições climáticas.

Durante esse estudo, a calibração dos sensores medidores dos parâmetros de qualidade da água (sonda multiparâmetros (YSI 6820)), foi feita pelo Laboratório de Instrumentação Meteorológica (LIM) do CPTEC. A coleta destes parâmetros de qualidade da água citados é realizada em média uma vez por semana, com 5 amostragens uma em cada ponto (5 pontos). O horário da coleta dos dados é entre as 14:00 e 16:00 horas. Das cinco amostragens realizadas a cada dia, obtém-se a média em cada ponto para cada parâmetro monitorado. Os dados obtidos nos anos de 2010/2011 (Junho/2010 até setembro/2011) são analisados, por meio da estatística descritiva (média e desvio padrão), levando-se em consideração o período seco e úmido destes anos.

Devido às verbas disponibilizadas pela pós graduação da meteorologia (CPTEC/INPE) e pelo Instituto Oikos de Agroecologia, destinadas para partes deste estudo de monitoramento da qualidade da água no Ribeirão dos Macacos, foram feitas análises laboratoriais de outros parâmetros de qualidade da água. As análises destes parâmetros (coleta e preservação das amostras) foram feitas conforme os critérios recomendados na literatura Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995), pelo laboratório AMPRO, localizado na cidade de Lorena-SP.

As coletas das amostras de água foram feitas nos pontos P<sub>1</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>5</sub> (no ponto mais central de cada curso d'água), no período das 14:00 às 16:00 horas. No ponto P<sub>2</sub> não foram realizadas coletas por alguns motivos como: O ponto se tratava de um lago de difícil acesso e a verba disponibilizada para o estudo não incluiu as análises laboratoriais para este ponto. Os frascos utilizados nas coletas (fornecidos pelo laboratório) foram abertos no momento da amostragem e fechados a seguir de maneira a serem conservados em caixas de isopor e levados no mesmo dia ao laboratório. Os parâmetros acompanhados e analisados mensalmente foram: Coliformes Totais (NMP/100 mL), Escherichia Coli (NMP/100 mL), Fósforo Total (mg L<sup>-1</sup>) e Nitrato (mg

L<sup>-1</sup>), em meses seco e úmido do ano de 2011 (jul, ago, set, out, Nov e dez). Também seguem abaixo as definições dos parâmetros medidos (segundo as seguintes literaturas: CONAMA, (2005); ESTEVES, 1988):

**Coliformes:** As bactérias do grupo coliforme é um parâmetro bacteriológico indicador de contaminação de origem animal e humana para caracterização e avaliação da qualidade das águas em geral.

Os coliformes totais são caracterizados pela presença da enzima  $\beta$ -galactosidade e pela capacidade de fermentar a lactose com produção de gás em 24 horas à temperatura de 44-45°C em meios contendo sais biliares ou outros agentes tenso-ativos com propriedades inibidoras semelhantes. Além de presentes em fezes humanas e de animais podem, também, ser encontradas em solos, plantas ou quaisquer efluentes contendo matéria orgânica.

A *Escherichia coli* é uma bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae, caracterizada pela presença das enzimas  $\beta$ -galactosidade e  $\beta$ -glicuronidase. Cresce em meio complexo a 44-45°C, fermenta lactose e manitol com produção de ácido e gás e produz indol a partir do aminoácido triptofano. A *Escherichia coli* é abundante em fezes humanas e de animais, sendo somente encontrada em esgotos, efluentes, águas naturais e solos que tenham recebido contaminação fecal recente.

**Fósforo:** Encontra-se nas águas naturais e residuais, quase exclusivamente na forma de fosfato. Dentre as fontes naturais, as rochas da bacia de drenagem constituem a fonte básica de fosfato para os ecossistemas. Outros fatores naturais que permitem o aporte de fosfato podem ser apontados, como: material particulado presente na atmosfera e o fosfato resultante da decomposição de organismos de origem alóctone. As fontes artificiais são: esgoto doméstico e industrial, fertilizantes agrícolas e material particulado de origem industrial contida na atmosfera.

**Nitrogênio:** As diferentes formas dos compostos de nitrogênio encontradas no meio aquático podem ser utilizadas como indicadores da qualidade sanitária das águas. Dentre as diferentes formas, os nitratos, juntamente com o íon amônio, assumem grande

importância nos ecossistemas aquáticos, uma vez que representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários.

A presença de nitrogênio no meio aquático pode originar-se das fontes naturais de nitrogênio, tais como: chuva, material orgânico e inorgânico de origem alóctone, de esgotos domésticos e industriais e da drenagem de áreas fertilizadas. As formas do nitrogênio apresentam-se nos ambientes aquáticos como: nitrato ( $\text{NO}_3$ ), nitrito ( $\text{NO}_2$ ), amônia ( $\text{NH}_3$ ), íon amônio ( $\text{NH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), nitrogênio molecular ( $\text{N}_2$ ), nitrogênio orgânico dissolvido (aminas, aminoácidos, etc.) e nitrogênio orgânico particulado (bactérias, fitoplâncton, zooplâncton e detritos). Os compostos de nitrogênio, na forma orgânica ou de amônia, referem-se a poluição recente, enquanto que nitrito e nitrato a poluição mais remota.

A medição da vazão na microbacia seria feita utilizando um molinete fluviométrico, modelo MLN-7, no entanto, devido a problemas de funcionamento desse equipamento utilizou-se um método simples e robusto em que se utiliza a medição indireta também conhecida como “manual”. Em todos os pontos em que se fez o monitoramento da qualidade da água são feitas as medições de vazão exceto no ponto  $P_2$ . O ponto  $P_2$  é considerado um lago, portanto não são feitas medições de vazão, somente o monitoramento da qualidade da água, pois este local, muitas vezes serve para dessedentação do gado na região e no período úmido deságua na microbacia.

Na “medição manual” com o uso de uma trena é medida a largura do corpo d’água, posteriormente faz-se medições para estimar as alturas da lâmina d’água obtendo-se a área de cada seção. Por fim, mede-se a velocidade média do fluxo de água, utilizando-se para isto uma bola de isopor colocada num determinado ponto, e depois solta. A distância em que o objeto flutua é pré-fixada e o tempo percorrido marcado com um cronômetro. A velocidade é igual a distância dividida pelo tempo, e assim obtém-se a velocidade do fluxo de água (este procedimento é repetido três vezes para se tirar a média).

Para a determinação do perfil de cada um dos pontos de monitoramento da vazão (4 pontos) utiliza-se como referência os valores da Tabela 3.5, segundo Carvalho (2008), assim leva-se em consideração a largura do corpo d’água.

Tabela 3.5- Número de pontos para determinação do perfil (área), com relação a largura do corpo d'água.

Largura (m)	Distância entre as seções verticais (m)
< 3	0,3
3 a 6	0,5
6 a 15	1,0

Fonte: Adaptada de Gomes e Santos (2003) citado por Carvalho (2008).

Por meio dessas medições obtém-se a vazão, uma vez que:

$$Q=A_t \times V_m \quad (3.13)$$

em que:

Q: vazão, ( $m^3 s^{-1}$ );

$A_t$ : área total da seção transversal do rio ( $A_1+A_2...A_n$ ), (m);

$V_m$ : velocidade média do rio, ( $m s^{-1}$ ).

Os dados de vazão são monitorados no período úmido e seco do ano de 2011 (março/2011 até novembro/2011), em intervalos aproximados de 20 dias. Com a relação entre altura da lâmina d'água e a respectiva vazão é possível obter a “equação da curva chave” do curso d'água para cada ponto do monitoramento, mas é preciso levar em conta as características hidráulicas e geométricas da seção transversal de cada ponto. Para os melhores modelos de regressão obtidos em cada ponto foi feita a análise de variância para estes modelos (valor do teste F) (COSENTINO, 1977). Assim, é possível reconstruir as vazões (nos pontos: P<sub>1</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>5</sub>) para os anos de 2010/2011 por meio da altura da lâmina d'água, utilizando a “equação da curva chave” de cada ponto (MAIDMENT, 1992).

A correlação entre a vazão (reconstruída) e os parâmetros de qualidade da água (temperatura, pH, condutividade e OD) nos diferentes pontos (P<sub>1</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>5</sub>) foi averiguada por meio do coeficiente de correlação de Pearson, que varia de +1 (correlação perfeita positiva) a -1 (correlação perfeita negativa). A correlação de

Pearson é um indicador estatístico de precisão que indica o grau de dispersão dos dados estimados em relação à média (Equação 3.14) (SANTOS, 2007).

$$r = \frac{N\sum xy - (\sum y)(\sum x)}{\sqrt{[N\sum x^2 - (\sum x)^2][N\sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (3.14)$$

em que:

x e y representam as duas variáveis consideradas.

Para cada correlação obtida entre duas variáveis (vazão x algum dos parâmetros de qualidade da água) em cada ponto do monitoramento, é feita a análise de variância (valor do teste F) (COSENTINO, 1977).



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Variabilidade da precipitação na microbacia do Ribeirão dos Macacos

A precipitação anual para o período de 1999-2010, coletada no pluviômetro localizado na sede do Instituto Oikos de Agroecologia, apresentou uma variação entre 1400 e 2300 mm (Figura 4.1). A média do período foi de 1730 mm com um desvio padrão de 296 mm. Segundo Marengo e Alves (2005) em seu estudo na bacia do rio Paraíba do Sul, as precipitações máximas na região chegam a valores de 2250 mm/ano, sendo o período de verão caracterizado como chuvoso com precipitação acumulada entre 200 e 250 mm/mês, nos meses com máxima precipitação (dezembro e janeiro). No inverno, o intervalo entre os meses de maio a agosto corresponde ao período mais seco, com precipitação acumulada inferior a 50 mm/mês.

De acordo com Ramos et al. (2009), no estudo de normais climatológicas (INMET), no período de 1961-1990, em estações próximas à região estudada como: Campos do Jordão (Código: 83714), São José dos Campos (Código: 83809) e Taubaté (Código: 83784), foi observada precipitação média anual de 1852, 1155 e 1396,8 mm, respectivamente. Diante do exposto, verifica-se que o período de dados observados de precipitação, obtido por meio do pluviômetro localizado na sede do Instituto Oikos de Agroecologia é representativo do regime pluviométrico local como se pode observar logo abaixo (Figura 4.1).

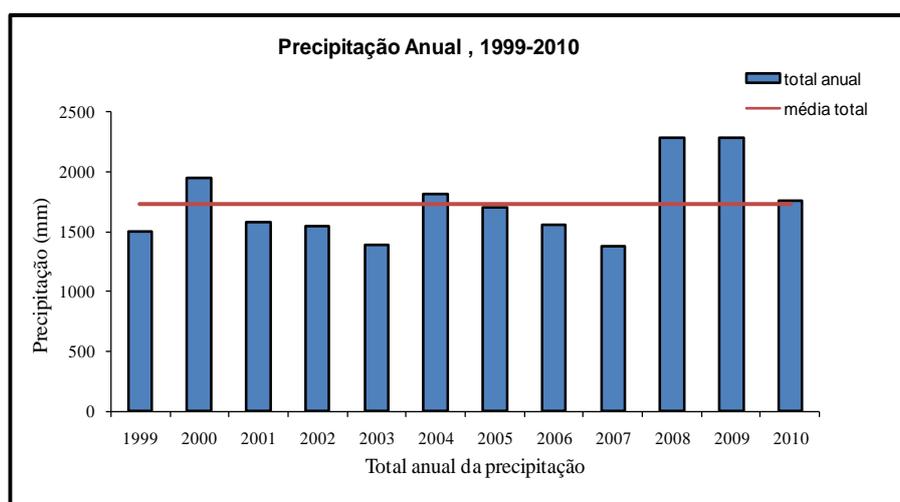


Figura 4.1- Precipitação anual (mm), obtida pelo pluviômetro no período de 1999-2010.

Na Figura 4.2 apresenta-se a precipitação média mensal do período 1999-2010, com valor médio de 144 mm e desvio padrão de 121 mm, observando-se uma variação

unimodal, com um período seco - abaixo da média mensal (abril-outubro), e outro úmido - acima da média mensal (novembro- março). As maiores médias de precipitação mensal foram para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro (verão do hemisfério sul), que são meses característicos de maior precipitação no período úmido. Durante os períodos seco (abril-outubro) e úmido (novembro-março) as médias da precipitação foram respectivamente de 66 mm e 244 mm.

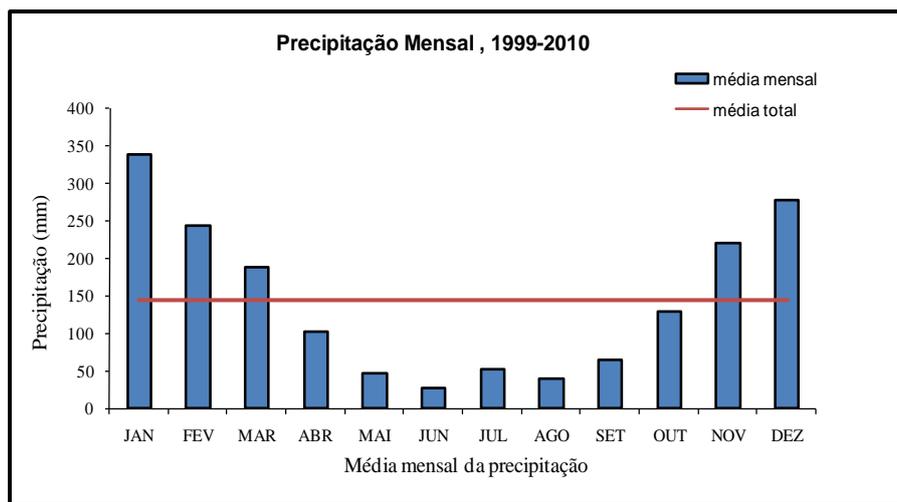


Figura 4.2– Precipitação média mensal (mm), obtida pelo pluviômetro no período de 1999-2010.

Ramos et al. (2009) evidenciaram que a precipitação média anual na região varia de 1450 à 1650 mm (período de 1961-1990). Na microbacia do Ribeirão dos Macacos os anos de 2008 e 2009 foram os anos com os maiores totais anuais de precipitação (2288 e 2285 mm), acima dos valores reportados por Ramos et al. Já os anos de 2003 e 2007 tiveram as menores precipitações anuais (1394 e 1381 mm), abaixo desses valores (1450 a 1650 mm). A Figura 4.3 abaixo mostra os totais mensais e anuais de cada ano durante o período estudado.

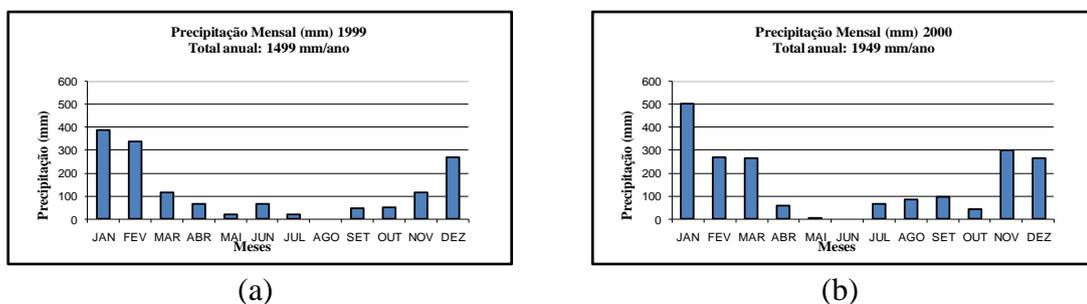
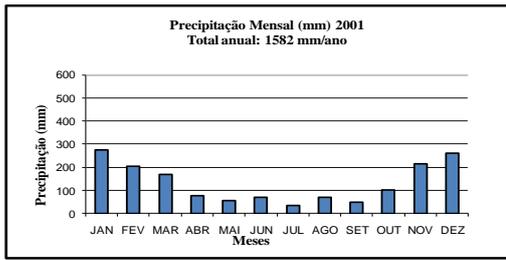
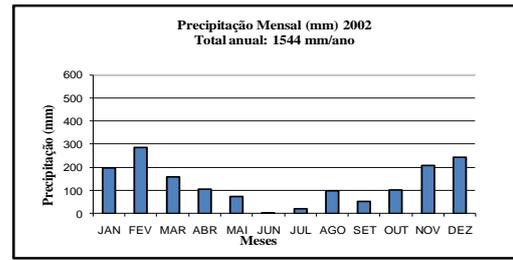


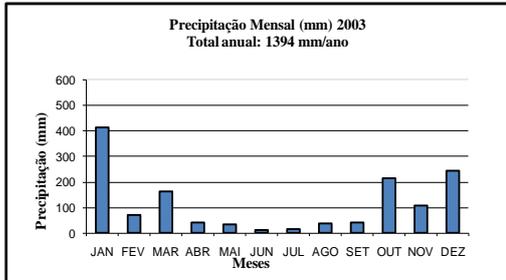
Figura 4.3– Precipitação mensal e anual obtida do pluviômetro instalado na sede do Instituto Oikos de Agroecologia, no período de 1999-2010 (de a até l). (Continua)



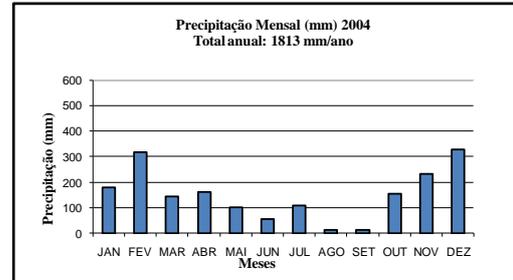
(c)



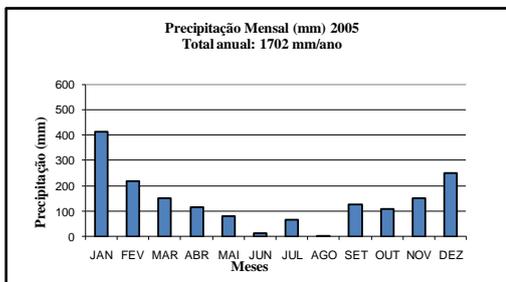
(d)



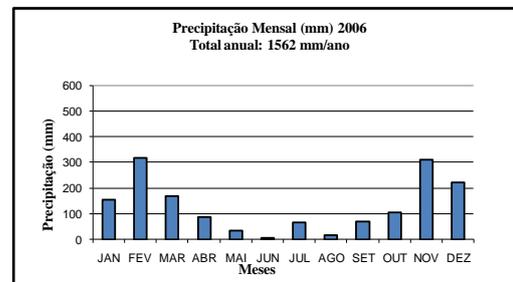
(e)



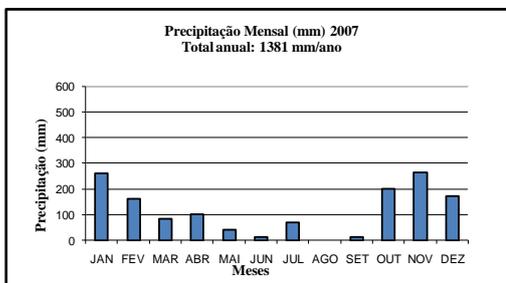
(f)



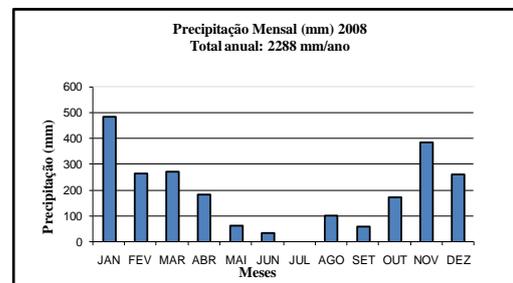
(g)



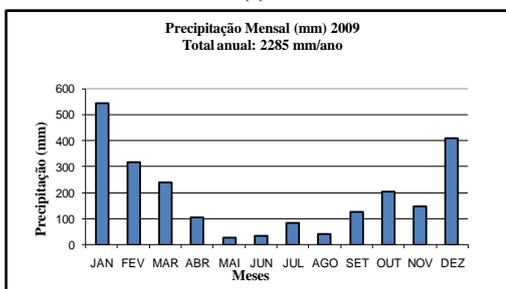
(h)



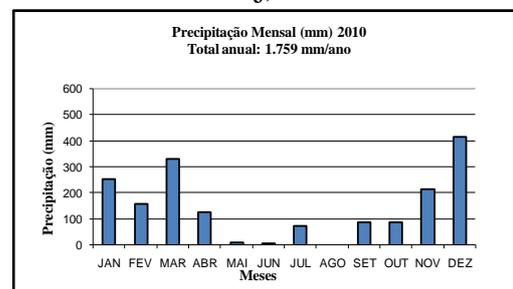
(i)



(j)



(k)



(l)

Figura 4.3 – Conclusão

A precipitação média nos períodos, seco e úmido dos anos de 2008 e 2009 foram 89 mm (ambos os anos) e 333 e 332 mm, respectivamente, assim, foram acima das médias

dos períodos seco e úmido do período estudado (1999-2010). Durante estes anos (2008 e 2009) também foram observados respectivamente 146 e 192 dias com precipitação, estes valores também se encontram acima da média de dias com precipitação durante todos os anos (média de dias com precipitação= 122 dias), o que contribuiu também para que nestes anos os valores totais anuais de precipitação fossem maiores. Já para os anos de 2003 e 2007 a precipitação média nos períodos, seco e úmido foram 25 e 31 mm; 162 mm e 157 mm, e foram observados 110 e 97 dias com precipitação, respectivamente, assim os valores obtidos foram abaixo das médias de todo o período estudado, evidenciando totais anuais de precipitação menores para estes anos. Na Figura 4.4 abaixo, se encontram as ocorrências dos números de dias com precipitação em cada ano no período estudado.

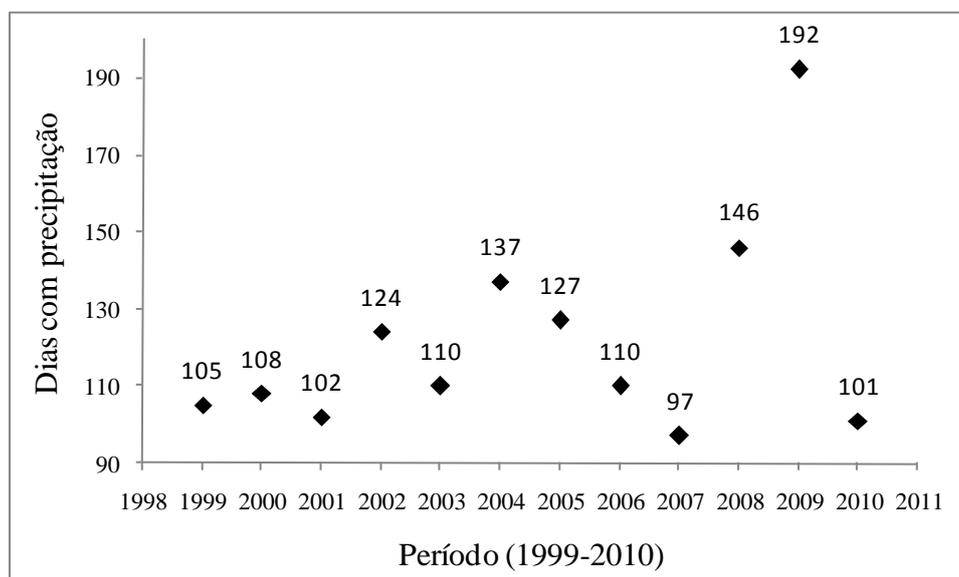


Figura 4.4– Dias com precipitação em cada ano no período de 1999-2010 (Totais diários).

Nos anos de maiores precipitações anuais observadas na microbacia, em 2008 e 2009, verificaram-se segundo dados do Boletim Climanálise, ocorrência forte de La Niña e ocorrência fraca de El Niño, respectivamente. Já para os anos de menores precipitações anuais observadas em 2003 e 2007 houve ocorrência moderada de El Niño e ocorrência forte/fraca de La Niña/El Niño, respectivamente. Segundo Fisch e Valério (2005), estudando a variabilidade inter e intra-anual da precipitação em Taubaté-SP (cidade localizada no Vale do Paraíba-SP), não foi observada uma correspondência direta de eventos de El Niño correlacionado com um aumento da precipitação e casos de La Niña

com a redução. No estudo em questão em todos os períodos analisados, quer seja considerado o total anual ou total trimestral (por estação), há casos em que esta associação é verdadeira e outros casos completamente ao contrário. Isto pode ser um indicador de que o Vale do Paraíba não possui uma teleconexão forte com os fenômenos do Oceano Pacífico, tendo, por outro lado, uma forte associação com as características locais (convecção livre durante o período chuvoso no verão).

Na Figura 4.5 é apresentada a frequência (%) da precipitação diária (mm), pode-se observar que durante o período de estudo, a maioria dos totais diários de precipitação foram menores que 9 mm diário, os restantes se concentram entre 9-20 mm, 21-30 mm, 31-40 mm, 41-50 mm, 51-60 mm, 61-70 mm, 71-80 mm, 81-90 mm, 91- 100 mm e por último > 100 mm. A Figura em questão indica que na região de estudo existe a predominância de precipitação abaixo de 9 mm, sendo a ocorrência de maiores precipitações menos frequentes.

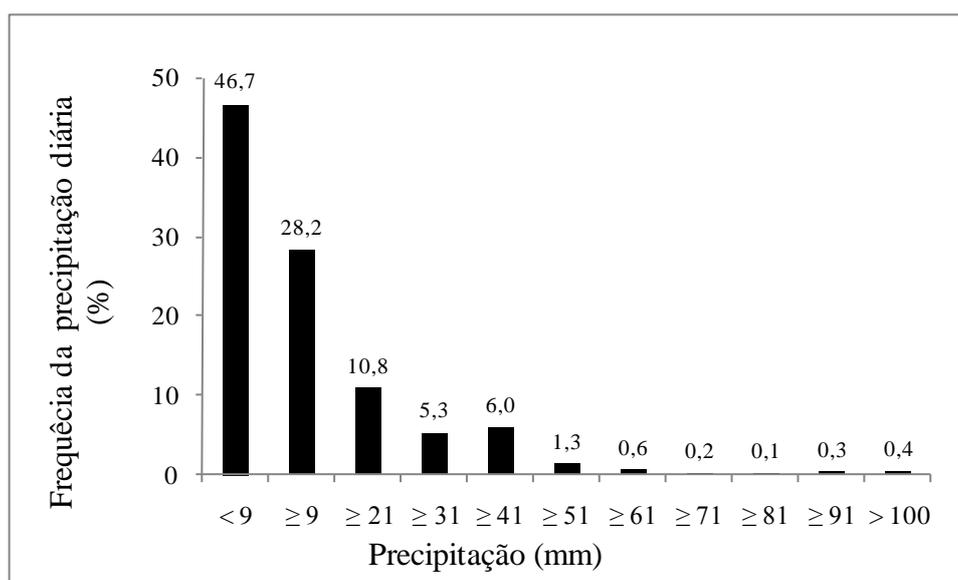


Figura 4.5– Frequência (%) da precipitação diária no período de 1999-2010.

Para compreender mais sobre um dos principais processos responsáveis pelos eventos de precipitação na região de estudo, foi feito um levantamento sobre os Sistemas Frontais que atingiram parte do SEB (na microbacia), durante os anos de 1999-2010. As informações foram extraídas do Boletim Climanálise-CPTEC e se encontram na Figura 4.6 abaixo.

Na Figura 4.6 pode-se observar que dos 460 Sistemas Frontais que atingiram a região a média mensal no período de estudo (1999-2010) foi de 3,2 Sistemas Frontais. No período do inverno (junho, julho e agosto) e primavera (setembro, outubro e novembro) os meses em geral apresentaram maiores médias de Sistemas Frontais atuantes em relação à média total e também em relação aos meses das outras estações, como o verão (dezembro, janeiro e fevereiro) e outono (março, abril e maio). Assim, quanto à variabilidade média dos Sistemas Frontais durante as estações do ano, as maiores médias de Sistemas Frontais foram encontradas nos meses de primavera (média da estação=11,2), seguido de inverno (média da estação=10,4), outono (média da estação=8,8) e verão (média da estação=7,5).

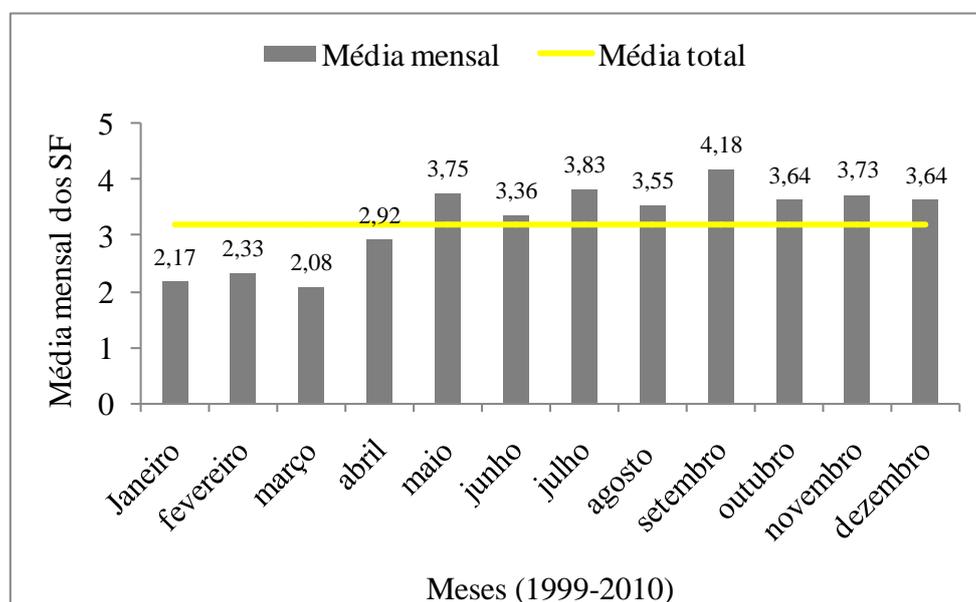


Figura 4.6– Média mensal dos Sistemas Frontais que atingir a região de estudo no período de 1999-2010.

Fonte: Adaptada do Boletim Climanálise-CPTEC/INPE.

Brito (2011) em seu estudo também obteve a climatologia de Sistemas Frontais no litoral e interior do Estado de São Paulo e posteriormente associou o início da estação fria com a passagem de frentes frias. De acordo com a climatologia feita em seu estudo, foi observada uma média mensal de entrada de SF entre 3 e 5 no litoral e entre 1 e 2 no interior do Estado. No litoral as maiores médias de SF encontram-se nos meses de setembro e outubro. Já no interior as maiores médias de SF ocorreram de junho a outubro, com máximo em setembro. Também foram observados entre 33 e 61 eventos de SF por ano no litoral, e entre 5 e 40 eventos por ano no interior. Os resultados

obtidos neste trabalho e na dissertação em questão foram próximos, apesar das diferentes metodologias utilizadas. De acordo com a Figura 4.6 os SF no litoral de Ubatuba-SP que atingiram a região de estudo, apresentaram média mensal entre 2 e 4 aproximadamente, sendo as maiores médias encontradas nos meses de julho e setembro quando comparado aos outros meses do ano.

Na Tabela 4.1 pode-se observar entre 24 e 55 casos/ano de SF que atingiram a região de estudo. A média dos Sistemas Frontais/ano foi de 38, sendo que o ano de 2000 apresentou o máximo de casos (55 casos) e o ano de 2009 mesmo sendo um ano com um dos maiores total anual de precipitação apresentou o mínimo de casos de SF (24 casos). Não foi observada relação direta dos anos, mais úmido e seco com os maiores e menores totais de casos de SF. Outros autores como Kousky (1979); Brito (2011), também observaram a menor ocorrência de Sistemas Frontais associada com maiores totais de precipitação anual. Estes autores enfatizam que a menor frequência de passagem de SF pode indicar maior duração (permanência) desse sistema em uma determinada localidade, favorecendo a ocorrência de maior precipitação.

Tabela 4.1- Precipitação anual e casos de SF nos anos de 1999-2010.

Ano	Precipitação anual (mm)	Total de SF/ano (n°)
1999	1499	51
2000	1949	55
2001	1582	32
2002	1544	37
2003	1394	47
2004	1813	44
2005	1702	48
2006	1562	34
2007	1381	36
2008	2288	28
2009	2285	24
2010	1759	24

A média diária da precipitação durante o verão (dezembro, janeiro e fevereiro de (1999-2010)) foi de 9 mm, assim como o esperado, a estação verão apresenta em média a maior contribuição da precipitação na microbacia (média=835 mm) em relação a precipitação média anual (média=1730 mm). Assim além dos SF, também atua na região de estudo a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Segundo

NOGUÉS-PAEGLO; MO, 1997; SATYAMURT et al., 1998, a região Sudeste do Brasil possui um comportamento de monção, e também foi enfatizado que no verão a ZCAS é um dos principais mecanismos responsável pelo aumento da precipitação. A ZCAS, segundo os dados obtidos do Boletim Climanálise-CPTEC esteve presente durante os verões (dezembro, janeiro e fevereiro) para os anos estudados (1999-2010), colaborando com o aumento dos totais de precipitação na microbacia do Ribeirão dos Macacos como podemos verificar na sequência.

No período deste estudo foram observados 39 casos de ZCAS durante os meses de verão, sendo que a média de casos foi de aproximadamente 4 casos/verão, com permanência média/mês de 8 dias. Comparando os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, em média, a ZCAS permaneceu por mais dias nos meses de janeiro (permanência média = 10 dias), seguido dos meses de dezembro (permanência média = 9 dias) e fevereiro (permanência média = 5 dias). Sanches (2002) em sua dissertação também realizou uma estatística de ocorrência de ZCAS nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro no período de 1980 a 2000 na América do Sul, e em seu estudo foram observados resultados semelhantes aos resultados observados na região da microbacia do Ribeirão dos Macacos. Dos 65 casos de ZCAS identificados pelo autor, foi identificada uma média de 3 episódios por verão, com duração aproximada de 10 dias. No total foram 677 dias dos 1800 dias que compreendem o período, assim sendo, a ZCAS esteve em atividade durante aproximadamente 1/3 do total do período neste estudo.

Na Figura 4.7 é apresentada a frequência dos casos de ZCAS que atingiram a região da microbacia estudada, durante os verões de 1999-2010. É evidente que a maior frequência da permanência da ZCAS é de 5 dias (31% dos casos).

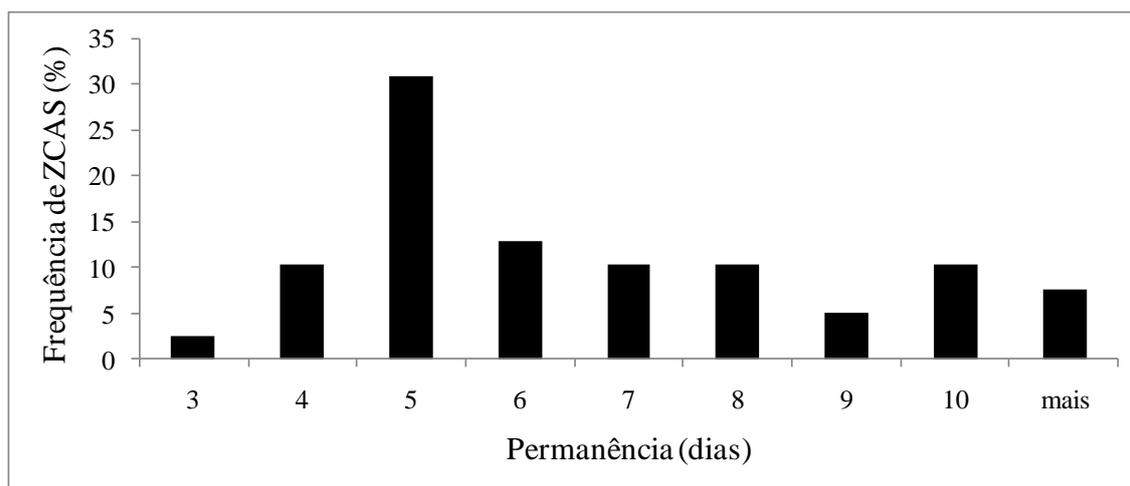


Figura 4.7- Frequência (%) da permanência dos casos de ZCAS nos verões de 1999-2010.

Fonte: Adaptada do Boletim Climanalise-CPTEC/INPE.

Como já relatado, os SF ocorrem durante o ano todo, no entanto, como observado anteriormente na Figura 4.6, as médias de ocorrência dos SF nos meses de janeiro à março foram menores do que a dos outros meses do ano, e durante estes meses (janeiro à março) se observou precipitações na microbacia relevantes (Figura 4.3). Assim, vale mencionar um aspecto importante quando associa-se os SF e ZCAS durante o verão (dezembro, janeiro e fevereiro). Observando na Tabela 4.2 as precipitações nos verões de 2006/2007-precipitação mínima e 2008/2009-precipitação máxima, não obteve-se relação direta dos verões, quanto aos períodos mais úmidos e secos, com as maiores e menores quantidades de casos e permanência de SF e ZCAS. No entanto a menor ocorrência de SF em meses da estação verão é compensada pela ocorrência e maior permanência da ZCAS favorecendo os totais precipitados na microbacia do Ribeirão dos Macacos como se pode observar na Tabela 4.2.

Tabela 4.2- Precipitação total, casos e permanência dos SF e ZCAS nos verões (dezembro, janeiro e fevereiro) de 1999-2010.

Ano	Precipitação total na microbacia/verão (mm)	Casos de SF/verão (n°)	Permanência de SF/verão (dias)	Casos de ZCAS/verão (n°)	Permanência de ZCAS/verão (dias)
1999/2000	1041	16	20	2	15
2000/2001	742	10	11	3	18
2001/2002	743	7	9	3	19
2002/2003	730	8	14	4	34
2003/2004	743	11	15	3	21
2004/2005	958	11	14	4	26
2005/2006	727	10	10	3	20
2006/2007	643	3	3	5	53
2007/2008	921	4	4	5	28
2008/2009	1123	4	4	5	28
2009/2010	820	3	3	2	10
<b>MÉDIA</b>	<b>835</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>25</b>
<b>DESV. PAD.</b>	<b>146</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>11</b>

Quanto a permanência dos sistemas meteorológicos já discutidos, Lima et al. (2010) também enfatizaram que os SF e ZCAS são os principais sistemas meteorológicos responsáveis pela precipitação na região Sudeste do Brasil, essas duas perturbações são distintas em um aspecto: a duração. Segundo os autores o SF é uma perturbação transitória que afeta a região por um ou dois dias, enquanto que a ZCAS é um sistema quase-estacionário que permanece sobre o SEB por mais de três dias em média.

Diante das discussões o estudo ressalta que a precipitação durante o verão na região provavelmente está fortemente relacionada à convecção local, que pode estar sendo produzida por um maior aquecimento local, ocasionado pelas mudanças do uso e ocupação do solo. Este indício de precipitação ocasionada por convecção local também foi levantado nos estudos de Fisch e Valério (2005) e Dereczynski et al. (2009) ambos feitos na região sudeste do Brasil, respectivamente, em Taubaté-SP (Vale do Paraíba) e no Município do Rio de Janeiro.

É necessário ressaltar que nessa dissertação não foi levado em consideração a associação dos sistemas meteorológicos citados acima com outros sistemas. Mas, sem dúvida o estudo dos sistemas meteorológicos citados (SF e ZCAS) é muito importante, pois estes geram condições particulares de instabilidade. Desta forma, eles são os principais responsáveis por eventos extremos de precipitação na região da microbacia estudada, localizada no Sudeste Brasileiro, como pode ser observado também por outros autores (VASCONCELLOS, 2008; LIMA, et al 2010).

#### **4.1.1. Os eventos extremos de precipitação na microbacia do Ribeirão dos Macacos**

Os maiores eventos de precipitação, em uma microbacia podem causar perturbação de todo o sistema (desmoronamento de terra, mudanças bruscas de cota e vazão da microbacia) e algumas vezes danos irreparáveis (morte de animais, perda de produção agrícola). Durante todos os anos do estudo, o total de dias com ocorrência de precipitação foi de 1459 eventos, dos quais são destacados os 30 maiores eventos de precipitação diários (série parcial) ocorridos nos doze anos estudados (1999-2010). Os eventos extremos de toda a série de precipitação em questão se encontram distribuídos entre os meses de outubro a março, e no mês de janeiro se encontram a maioria dos

casos de eventos extremos ocorridos na microbacia (7%, 3%, 20%, 37%, 20% e 13% dos 30 maiores eventos de precipitação ocorridos se encontram nos meses de outubro a março, respectivamente).

Na série dos 30 maiores eventos de precipitação ocorridos as precipitações diárias se encontraram no intervalo de 58 à 140 mm. Na Tabela 4.3 a seguir se encontram os números de casos ocorridos em cada ano durante o período de estudo. Pode-se observar que os anos de 2008 e 2009 (seção 4.2) apresentaram as maiores precipitações anuais (2288 e 2285 mm) e a maior ocorrência de eventos extremos. Já os anos de 2003 e 2007 com as menores precipitações anuais (1394 e 1381 mm) evidenciaram uma menor ocorrência de eventos extremos.

Tabela 4.3- Ocorrência de eventos extremos de precipitação durante o período de 1999-2010 na microbacia do Ribeirão dos Macacos.

Ano	Ocorrência de Eventos extremos
1999	1 caso
2000	4 casos
2001	1 caso
2002	1 caso
2003	0 caso
2004	1 caso
2005	1 caso
2006	2 casos
2007	2 casos
2008	5 casos
2009	8 casos
2010	4 casos

Para os 30 eventos extremos que ocorreram na microbacia durante o período de estudo é feito um ajuste com a distribuição de probabilidade Gumbel para máximos (além de sua verificação por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov) para averiguar a probabilidade de ocorrência futura de eventos extremos na microbacia. Na Figura 4.8 abaixo, observa-se um bom ajuste dos dados observados com a curva teórica (o teste de aderência Kolmogorov-Smirnov mostra que a distribuição de probabilidade Gumbel para máximos foi adequada ao nível de 5 % de probabilidade). Por meio da distribuição de Gumbel para máximos foi possível extrapolar os extremos diários de

precipitação para longos períodos de retorno na microbacia do Ribeirão dos Macacos. O Tempo de Retorno-TR (anos) e suas precipitações esperadas se apresentam na Tabela 4.4 abaixo. Sansigolo (2008) também destaca em seu estudo que é importante levar em conta que quanto mais longas e homogêneas as séries de dados, maior a confiabilidade na extrapolação para períodos mais longos, desde que não ocorram futuras variações climáticas significativas na região de estudo.

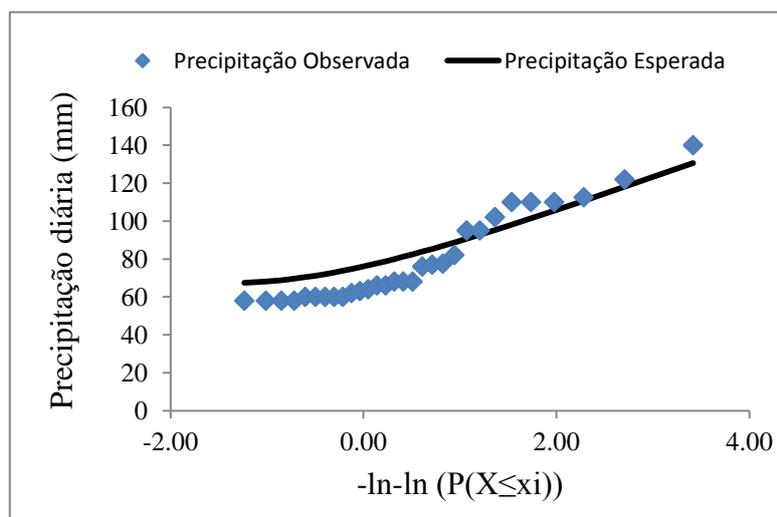


Figura 4.8- Ajuste da distribuição de Gumbel dos extremos diários de precipitação. Os pontos representam os valores de precipitação observados, a linha contínua a curva teórica.

Tabela 4.4- Extrapolação do Tempo de Retorno (40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100 anos) dos eventos extremos de precipitação diária que ocorrerão na microbacia de estudo.

<b>TR (anos)</b>	<b>Precipitação esperada (mm)</b>	<b>Probabilidade de ocorrência ou excedência</b>
40	135,1	0,025
50	139,2	0,020
60	142,5	0,017
70	145,3	0,014
80	147,8	0,013
90	149,9	0,011
100	151,8	0,010

Por meio do ajuste da distribuição de probabilidade de Gumbel para máximos (Figura 4.8) foi possível obter a estimativa de risco de ocorrência dos eventos extremos de precipitação e sua quantidade diária esperada (mm), para diferentes tempos de retorno extrapolados (40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100 anos). Nestes eventos extremos de

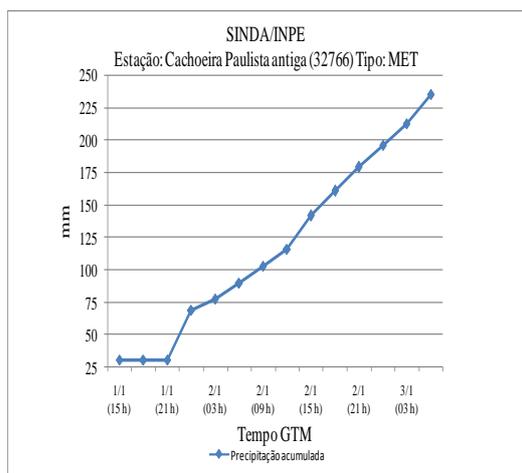
precipitação (Tabela 4.4) é evidente que a superação das maiores precipitações esperadas está associada a uma probabilidade mais baixa de ocorrência do evento extremo de precipitação. Com este tipo de informação pode-se planejar melhor quanto às possíveis perdas que podem ser ocasionadas pelas enchentes. Assim, os moradores da microbacia devem evitar a construção de casas e a manutenção de atividades econômicas na margem dos cursos d'água, como uma primeira medida de prevenção contra os efeitos adversos dos eventos extremos de precipitação na microbacia. As informações obtidas também podem ser importantes na utilização de obras em engenharia agrícola e civil na região.

Beijo et al. 2005, determinaram as estimativas pontual e intervalar da precipitação diária máxima provável para os tempos de retorno de 2, 5, 10, 20, 30, 50 e 75 anos, para períodos de quinze dias, um mês e um ano na região de Lavras (MG), durante 90 anos de observações (1914-2003), utilizando a distribuição de Gumbel. Os resultados indicaram que houve um bom ajuste da distribuição para os dados da série anual, ao passo que na série mensal, nos meses de julho e agosto, ela não se ajustou. Para a série de quinze dias, o ajuste ocorreu apenas na estação chuvosa. Foram obtidas algumas informações parecidas neste trabalho e no estudo da microbacia em questão. Os autores observaram que em um tempo médio de 50 anos, o valor da precipitação diária máxima será próximo a 148 mm (131-164 mm). Na Tabela 4.4 espera-se 139,2 mm de precipitação para um tempo de retorno de 50 anos na região da microbacia do Ribeirão dos Macacos. Isso demonstra que a distribuição das precipitações máximas nas duas regiões são semelhantes.

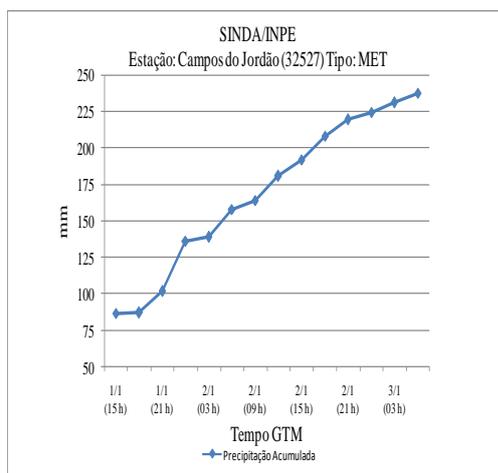
Dos casos atípicos de precipitação mencionados acima (série parcial) foi destacado o dia 2 de janeiro de 2000, cujo evento extremo de precipitação foi o de maior total diário de precipitação (140 mm) ocorrido na microbacia (1999-2010), sendo o seu tempo de retorno-TR, segundo a distribuição de Gumbel para máximos, de 31,5 anos, com probabilidade de ocorrência de 3,2%. Foi verificado também que este valor (140 mm) corresponde a 41 % da média mensal de precipitação de todos os meses de janeiro estudados (média=339 mm).

Neste evento extremo (dia 2 de janeiro de 2000) foram verificados totais diários de precipitação em outras Plataformas de Coleta de Dados na região do Vale do Paraíba

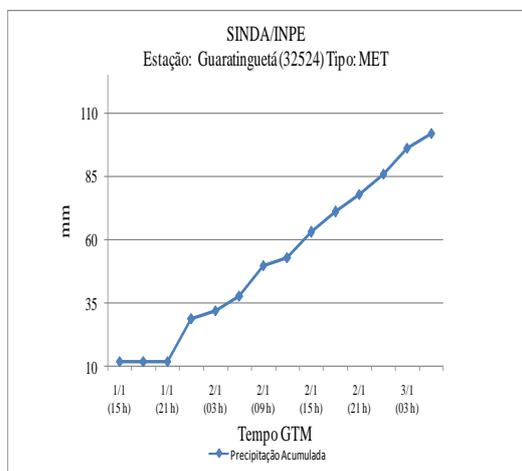
acima ou próximo de 100 mm/dia, coincidindo com o valor extremo encontrado no pluviômetro localizado na microbacia do Ribeirão dos Macacos (140 mm/dia). Assim, pode ser observado, que o evento extremo foi observado numa região mais extensa do Vale do Paraíba, e não somente na microbacia de estudo. Na Figura 4.9, se encontra a precipitação acumulada destas PCD's (CPTEC/INPE), no dia 2 de janeiro de 2000, localizadas próximas a região da microbacia do Ribeirão dos Macacos em: Cachoeira Paulista (a), Campos do Jordão (b), Guaratinguetá (c) e Silveiras (d).



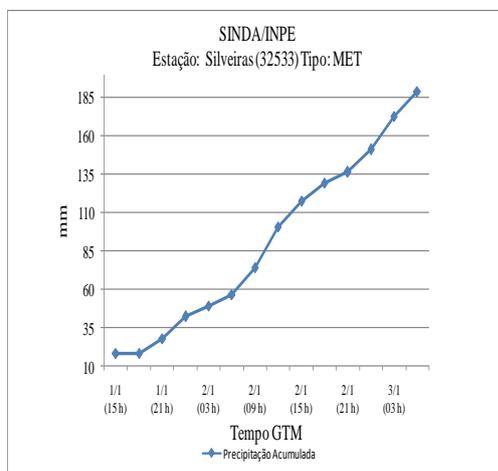
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 4.9- Precipitação acumulada das PCD's (CPTEC/INPE), no dia 2 de janeiro de 2000: Cachoeira Paulista (a), Campos do Jordão (b), Guaratinguetá (c) e Silveiras (d). Fonte: CPTEC/INPE.

No trabalho de Sugahara et al. (2010), de estimativa da probabilidade de evento extremo de precipitação no Vale do Paraíba, foi utilizado o modelo de distribuição generalizado de Parreto, ajustado aos valores extremos de precipitação acumulada de 5 dias, em 10

estações meteorológicas na região. Os autores também verificaram o mesmo evento extremo de precipitação acima descrito, que causou enorme impacto socioeconômico, devido às mortes e destruição no Vale do Paraíba. Estes autores concluíram que a quantidade de precipitação acumulada em 5 dias do evento estudado pode ser classificada como extremamente rara para a região, com probabilidade de ocorrência menor que 1% para a maioria das estações e menor que 0,1% em 3 estações estudadas. No caso do trabalho citado, as probabilidades de ocorrência do evento extremo de precipitação no dia 2 de janeiro de 2000 foram menores (probabilidades menores que 0,1% à 1 %) quando comparado a probabilidade obtida da distribuição de probabilidade Gumbel para máximos do evento extremo na microbacia (probabilidade de ocorrência de 3,2%). No entanto, os resultados dos estudos se diferem devido as diferentes metodologias empregadas e também devido ao fato de no primeiro se tratar de precipitação acumulada de 5 dias e no caso desta dissertação se tratar de totais máximos diários ocorridos.

Os autores Brandão e Fisch (2009) no estudo de fortes chuvas que atingiram a região Sudeste do Brasil relatam com ênfase a atuação da ZCAS e seus impactos nas enchentes em áreas de risco na cidade de Guaratinguetá-SP. Segundo estes autores, as chuvas no início do ano de 2000 (como já mencionado nessa dissertação) tiveram grande impacto na região de Guaratinguetá e redondezas. Foi verificado chuvas persistentes na região no período de 31 de dezembro a 6 de janeiro de 2000, e os níveis pluviométricos também chegaram a atingir 140 mm aproximadamente em um dia, segundo os dados do CPTEC/INPE. Foi relatado que a ocupação desordenada gera vários problemas no que se refere ao escoamento superficial, colocando em duvida a eficácia dos métodos utilizados para garantir a drenagem urbana atual. Assim, é essencial a utilização do suporte político na região para tomada de medidas contra uma impermeabilização excessiva dos solos, no combate a erosão e na desocupação das áreas inundáveis que oferecem risco a população.

A Figura 4.10 (a e b) evidencia a situação sinótica no dia 2 de janeiro de 2000. Segundo o Boletim Climanálise, a ZCAS atuou (de 1 à 8 de janeiro de 2000) na região do Sudeste Brasileiro influenciando no total diário de precipitação neste dia (2 de janeiro de 2000) favorecendo a atividade convectiva na região do Vale do Paraíba. Foi verificado um Sistema Frontal que permaneceu no litoral norte do Estado de São Paulo,

semi-estacionário desde o dia 1 até o dia 9 de janeiro de 2000, e enfraquecendo na altura do litoral da Região Sudeste. Durante a sua permanência sobre esta região, organizou instabilidades desde a Região Norte, Centro-Oeste e Sudeste (ZCAS), causando chuvas intensas nos Estados do Rio de Janeiro, sul de Minas Gerais e no Vale do Paraíba (setor leste do Estado de São Paulo). Desta forma os cinco primeiros dias do mês de janeiro de 2000 foram marcados por fortes chuvas, que atingiram a região do Vale do Paraíba (São Paulo e sul do Rio de Janeiro), o sul de Minas Gerais e o norte de São Paulo. Esta precipitação, que atingiu valores em torno de 436 mm em Campos do Jordão-SP, representou 150 mm acima da média, ou seja, 50% acima da climatologia. Assim, em praticamente cinco dias, algumas áreas receberam mais chuvas do que durante todo o mês.

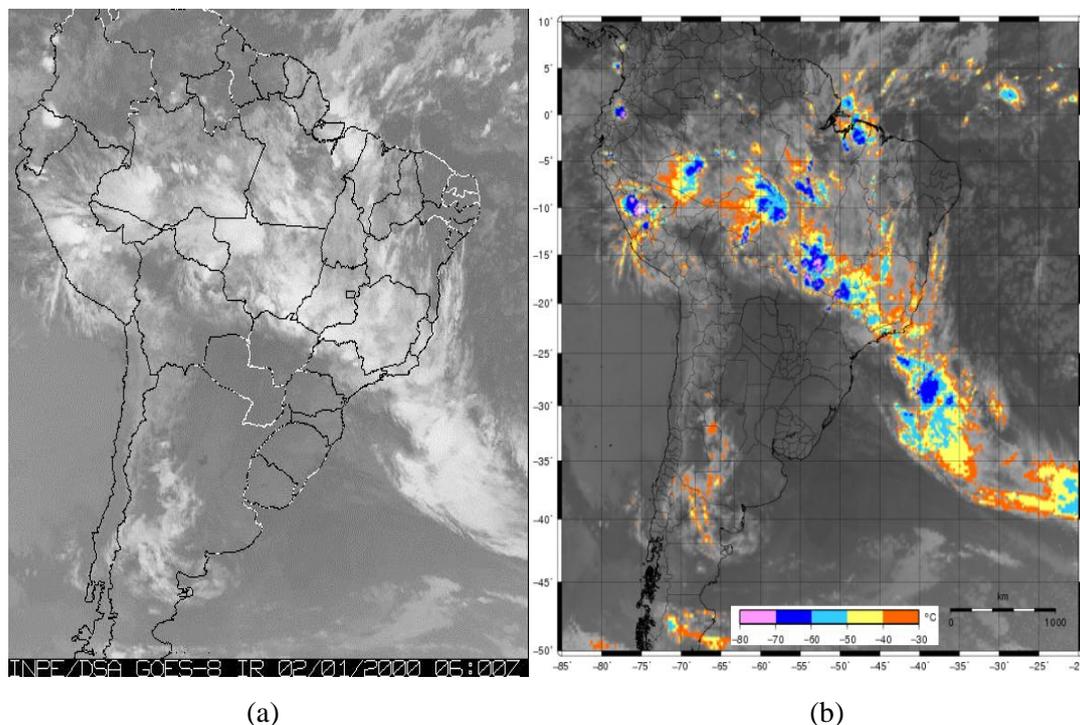


Figura 4.10- Imagem do satélite GOES-8 IR, no dia 2 de janeiro de 2000, 06:00Z. Sem realce (a) e com realce (b).  
Fonte: CPTEC/INPE (2000).

No dia 2 de janeiro de 2000, os campos de reanálise dos dados do NCEP/NCAR evidenciaram na região da microbacia: convergência do vetor vento em baixos níveis da atmosfera em 850 hPa (Figura 4.11 (a)), divergência em altos níveis da atmosfera, além de um forte cavado em 250 hPa (Figura 4.11 (b)); presença da baixa pressão atmosférica (Figura 4.11 (c)) juntamente com o aumento de umidade específica em 850 hPa (Figura 4.11 (d)). Todas as evidências da configuração atmosférica acima discutida

caracterizam a presença de um Sistema Frontal, que configurou posteriormente, uma situação de ZCAS. Assim, ambos influenciaram nas condições atmosféricas da região de estudo proporcionando o evento extremo de precipitação no Ribeirão dos Macacos (Vale do Paraíba), que acabou deflagrando no transbordamento da microbacia com enormes prejuízos.

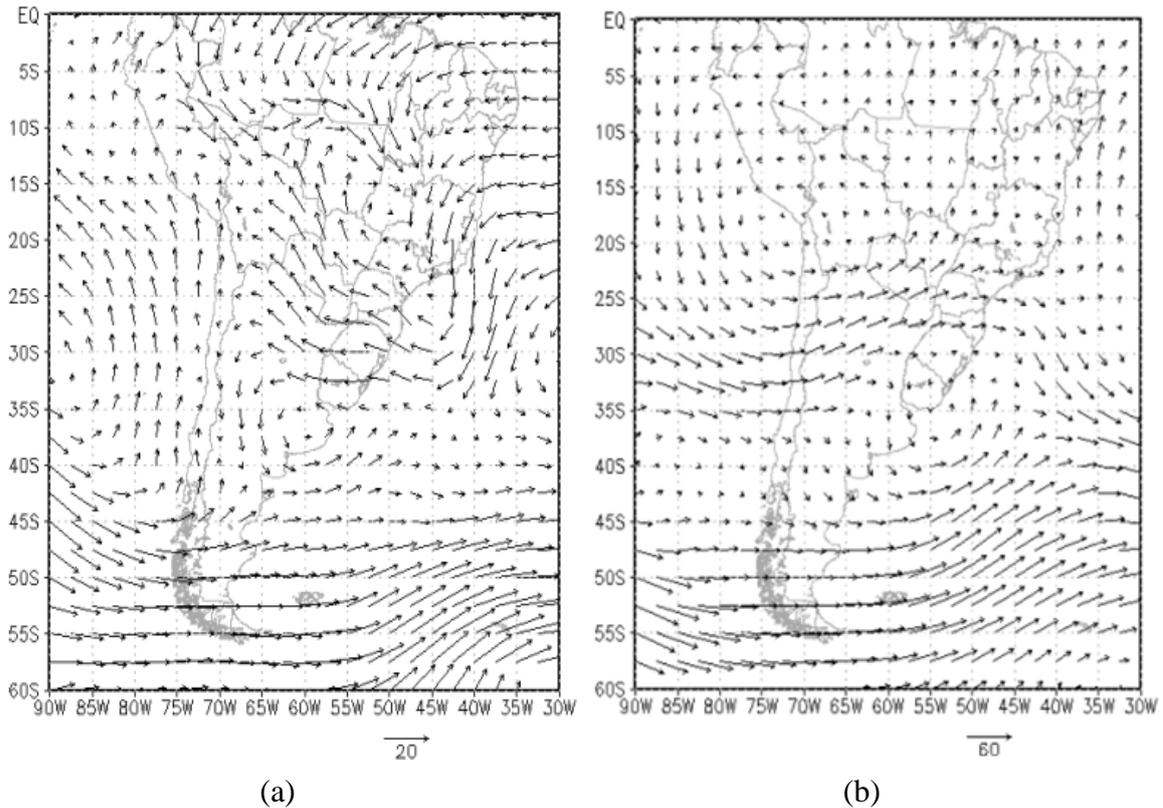
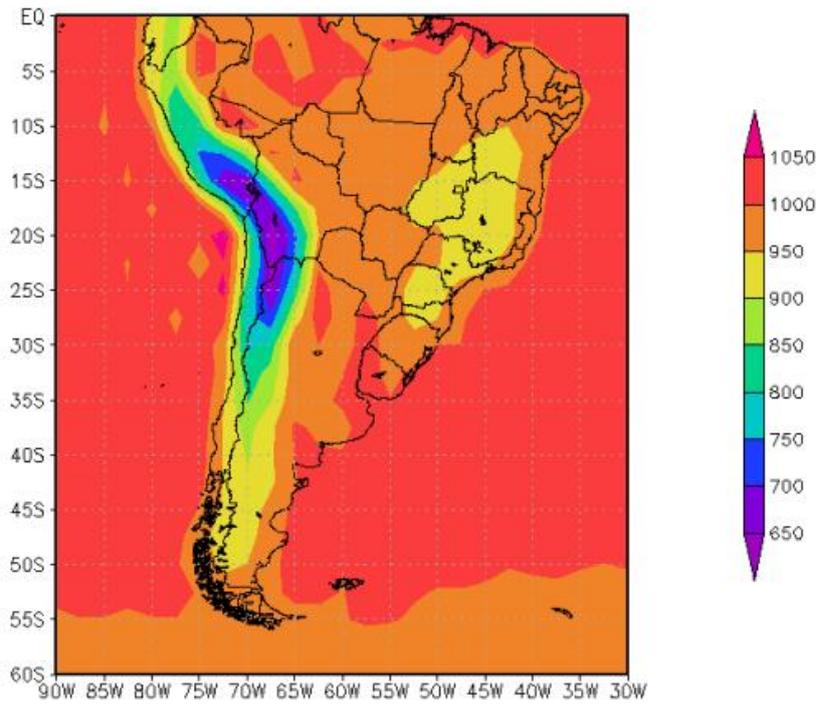
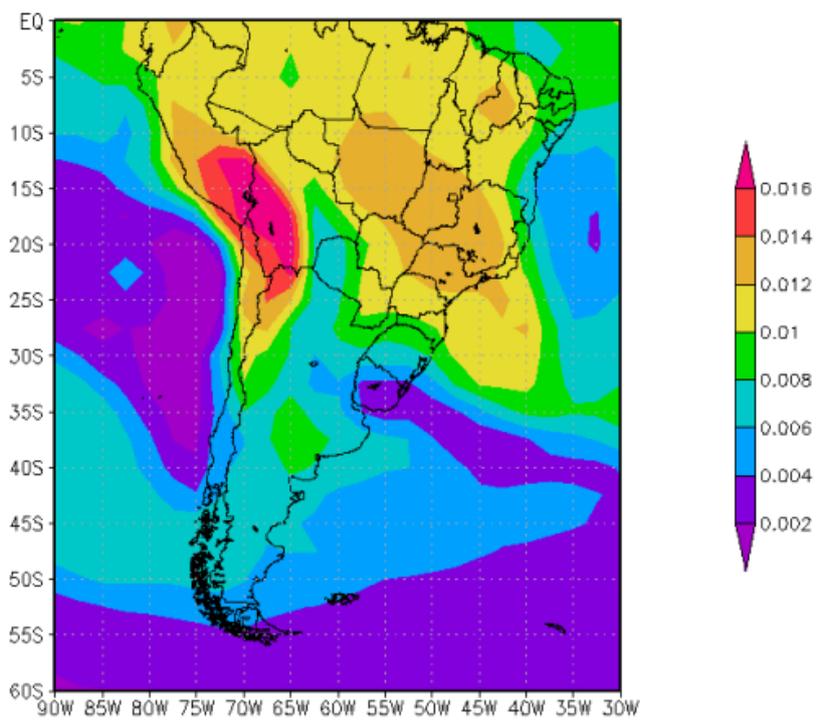


Figura 4.11- Campos da Reanálise NCEP/NCAR, vetor vento (m/s) em 850 hPa (a), em 250 hPa (b); pressão-PNMM (hPa) (c) e umidade específica em 850 hPa ( $\text{kg kg}^{-1}$ ) (d), no dia 2 de janeiro de 2000. (Continua)



(c)



(d)

Figura 4.11 – Conclusão

## 4.2. A precipitação interpolada na microbacia do Ribeirão dos Macacos

Os dados de precipitação mensal das PCD's (Cachoeira Paulista, Campos do Jordão, Guaratinguetá, Piquete, Silveiras e Taubaté) localizadas no Vale do Paraíba-SP (próximas à região de estudo) e do pluviômetro (localizado na sede do Instituto Oikos de Agroecologia - microbacia do Ribeirão dos Macacos) se encontram na Figura 4.12. Os dados abaixo são de junho/2010 até julho/2011, sendo que estes meses compreendem a maior parte dos meses do monitoramento da qualidade e quantidade da água (próxima seção 4.4).

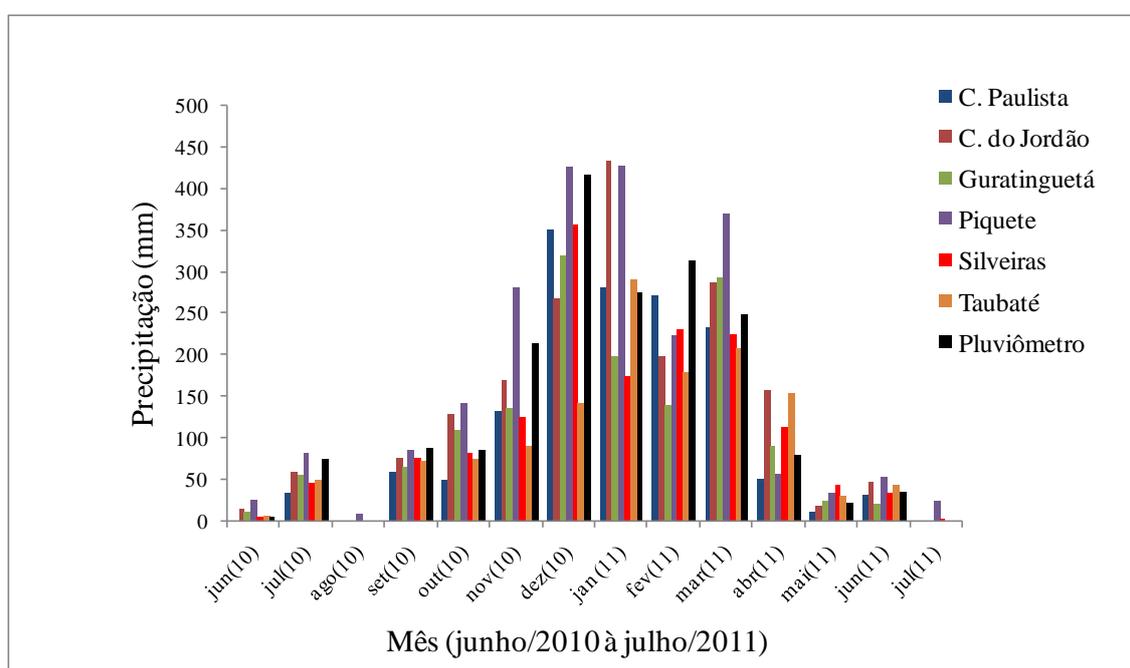


Figura 4.12- Precipitação mensal do pluviômetro localizado na microbacia (Instituto Oikos de Agroecologia) e das PCD's próximas da região de estudo, no período de junho/2010 até julho/2011.

A Figura 4.12 mostra que a maioria dos maiores totais mensais de precipitação aconteceu na PCD localizada em Piquete, está é a única PCD localizada acima da cabeceira da microbacia de estudo (seção 3.5, Figura 3.5), apresentando uma altitude elevada (1144 m). Desta maneira pode-se dizer que na maioria das vezes a distribuição da precipitação mensal na região (utilizando a interpolação) aconteceu das maiores altitudes para as menores altitudes, ou seja, da montante para a jusante da microbacia (APÊNDICE C). Este padrão de distribuição espacial da precipitação citado pode ser explicado pelo deslocamento preferencial dos sistemas meteorológicos produzindo máximos (mínimos) de precipitação à barlavento (sotavento) das serras (DERECZNSKI

et al. 2009). Santos et al. (2007), também enfatizaram que as diferenças de altitude dentro da bacia influenciam diretamente na forma com que a precipitação é captada. Desta maneira, estas diferenças poderão ser úteis para um bom planejamento ou manejo de bacias, devido ao fato de se poder acompanhar a distribuição de precipitações intensas e vazão nos corpos d'água junto às diferenças de altitudes em diferentes localidades.

Na Figura 4.13 apresenta-se a precipitação mensal interpolada das PCD's e do pluviômetro, ambos para a mesma localização geográfica. Pode-se observar que na maioria dos meses a precipitação interpolada (utilizando a técnica da Krigagem) foi subestimada (exceto nos meses de junho/2010, outubro/2010, janeiro/2011, março/2011 e julho/2011). Isso foi verificado devido ao fato de que mesmo havendo PCD's com valores altos de precipitação mensal como a localizada em Piquete, outras apresentaram valores próximos e muitas vezes menores que a precipitação mensal observada no pluviômetro (Figura 4.12). É evidente também, que as menores diferenças entre precipitação mensal interpolada e observada são para os menores totais mensais de precipitação, ou seja, para os meses considerados secos (Seção 4.2, abril-outubro).

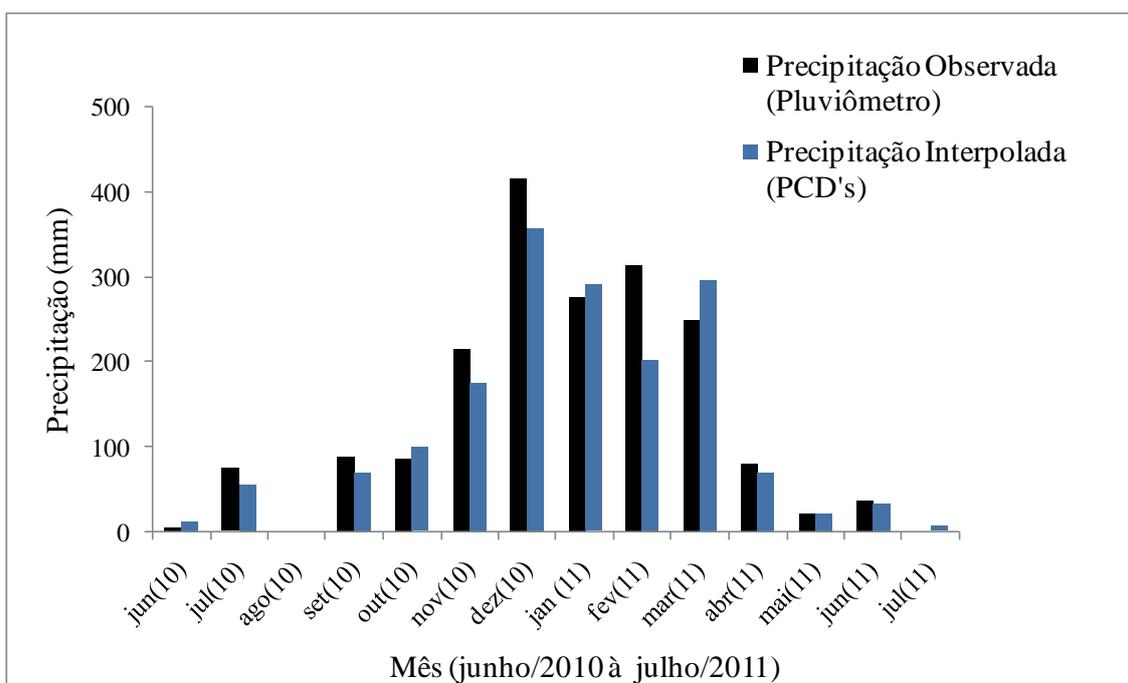


Figura 4.13- Precipitação mensal observada (pluviômetro) e interpolada (PCD's).

Na Figura 4.14, é apresentado o ajuste linear (Equação de regressão) da precipitação mensal observada do pluviômetro em função da precipitação mensal estimada

(interpolada), obtendo-se um bom ajuste com  $R^2=92,2\%$ . Na Tabela 4.5 com a análise de variância da regressão (valor do teste F), pode-se concluir que o modelo de regressão linear obtido foi significativo ao nível de 1% de probabilidade. Pode-se observar que 92,2 % das variações dos valores de precipitação observada podem ser explicadas pelas variações nos valores de precipitação mensal interpolada. Sendo assim, a interpolação utilizando o método da Krigagem pode ser utilizada para obter valores mensais de precipitação em microbacias que não possuem instrumentos que registrem a precipitação local.

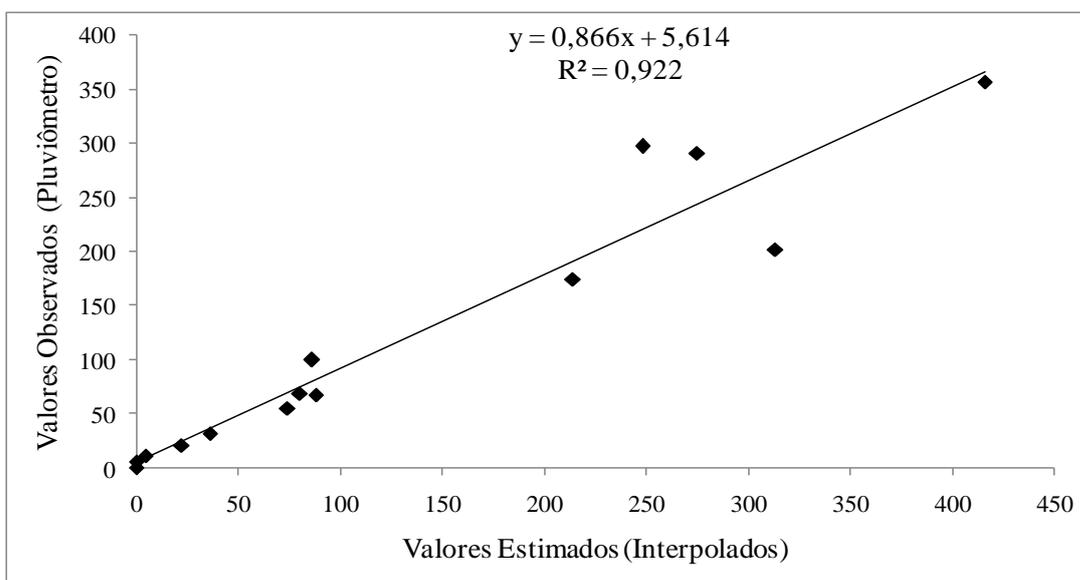


Figura 4.14- Equação de regressão linear para os totais mensais de precipitação do pluviômetro (precipitação observada) em função dos totais mensais das PCD's (precipitação interpolada).

Tabela 4.5- Análise de variância do modelo de regressão linear entre precipitação mensal observada e interpolada.

FV	GL	SQ	QM	F <sub>c</sub>	Ft
Regressão	1	218455	218455	142,3**	9,33
Erro	12	18422	1535		

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade

Na Figura 4.15 encontra-se a precipitação diária interpolada das PCD's e do pluviômetro, no mesmo período (junho/2010 até julho/2011). Também foi verificado que na maioria dos dias a precipitação interpolada (utilizando a técnica da krigagem) foi subestimada (em 65 % dos dias interpolados). Devido à variabilidade espacial da precipitação muitas vezes por se tratar de precipitação local, os totais diários e a distribuição de precipitação foram influenciados pelos valores diários extremos (máximos e mínimos) nas diferentes localidades, contribuindo desta forma para que os

valores diários de precipitação interpolados se distanciassem dos valores observados na microbacia.

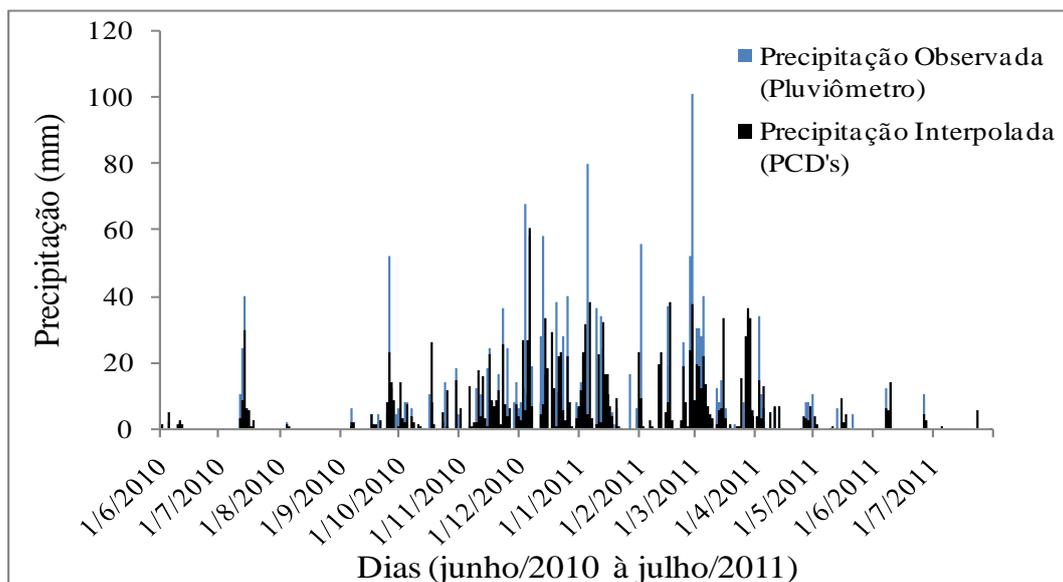


Figura 4.15- Precipitação diária interpolada (PCD's) e observada (pluviômetro).

Na Figura 4.16, é apresentado o ajuste linear (Equação de regressão) da precipitação diária observada do pluviômetro em função da precipitação diária estimada (interpolada), obtendo-se um baixo ajuste, com  $R^2=37,9\%$ . Na Tabela 4.6 com a análise de variância da regressão (valor do teste F), pode-se concluir que o modelo de regressão linear obtido foi significativo ao nível de 1% de probabilidade. No entanto, observa-se que somente 37,9% das variações dos valores de precipitação observada podem ser explicadas pelas variações nos valores de precipitação diária interpolada. Sendo assim, a interpolação utilizando o método da Krigagem, para obter valores diários de precipitação em microbacias que não possuem instrumentos que registrem a precipitação destas, fica a critério de cada estudo, devido às necessidades e peculiaridades de cada um destes.

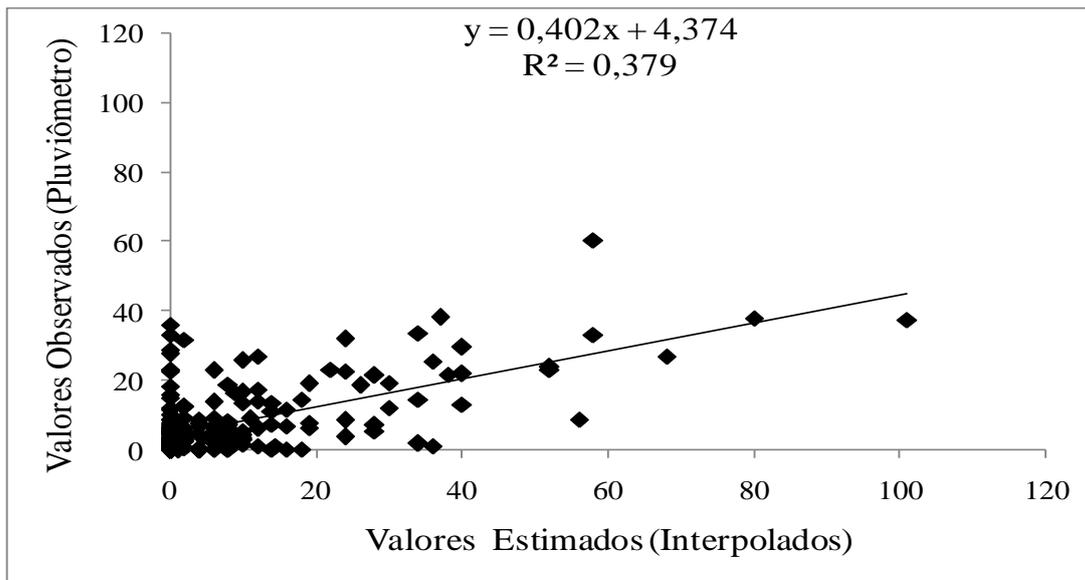


Figura 4.16- Equação de regressão linear para os totais diários de precipitação do pluviômetro (precipitação observada) em função dos totais diários das PCD's (precipitação interpolada).

Tabela 4.6- Análise de variância do modelo de regressão linear entre precipitação diária observada e interpolada.

FV	GL	SQ	QM	F <sub>c</sub>	F <sub>t</sub>
Regressão	1	18551,3	18551,3	127,08**	6,74
Erro	208	30364,9	145,98		

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Portanto, o método de interpolação da precipitação utilizando a técnica da Krigagem pode ser utilizado na obtenção de precipitação mensal, já no caso da obtenção de precipitação diária, este método apresentou um menor ajuste ( $R^2=37,9\%$ ), quando comparado com o ajuste obtido da interpolação mensal ( $R^2=92,2\%$ ). É importante ressaltar o quanto a interpolação na escala mensal é mais representativa do que na escala diária. No estudo em questão é possível verificar uma perda no coeficiente de determinação de  $R^2=92,2\%$  para  $R^2=37,9\%$  (queda de 54,3 %) ao passar da interpolação da escala mensal para a escala diária.

O valor mensal de precipitação é uma somatória de todos os valores diários de precipitação no mês, neste caso, os valores diários em determinadas localidades que não ocorreu precipitação foram compensados por outros valores diários com precipitação na mesma localidade em dias diferentes. Isto pode explicar o fato dos valores mensais interpolados (precipitação-PCD's) serem mais aproximados dos valores observados (precipitação-pluviômetro) do que os valores diários interpolados (precipitação-PCD's).

### 4.3. A qualidade e quantidade de água na microbacia do Ribeirão dos Macacos

#### 4.3.1. Os parâmetros de qualidade da água na microbacia

Na Figura 4.17 encontra-se o parâmetro de qualidade da água, temperatura da água, em dois períodos distintos dos anos de 2010 e 2011, para os cinco pontos de monitoramento na microbacia. Na Figura 4.17 (a) se encontram os valores diários para o período seco (junho, julho e agosto/2010; precipitação total do período = 77 mm). Na Figura 4.17 (b) se encontram os valores diários para o período úmido (dezembro, janeiro, fevereiro e março de 2010/2011; precipitação total do período= 1231 mm). Para a variável em questão, houve medições somente nestes dois períodos citados devido a problemas com o sensor (temperatura da água) do instrumento utilizado nas medições. Para os outros parâmetros de qualidade da água (potencial hidrogeniônico, condutividade e oxigênio dissolvido) também foram realizadas medidas no período seco posterior (junho, julho, e agosto/2011) com a finalidade de comparações.

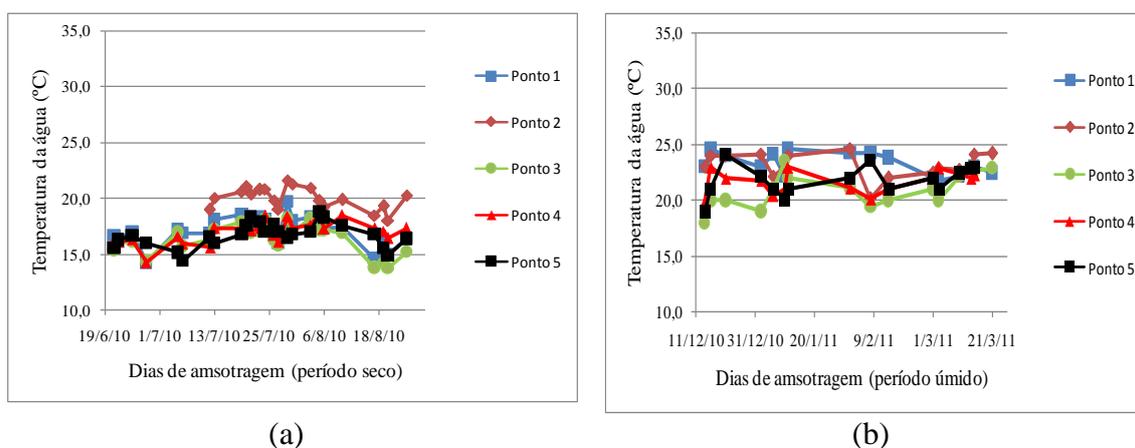


Figura 4.17- Temperatura da água na microbacia do Ribeirão dos Macacos: Em período seco (jun, jul e ago de 2010) (a) e em período úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011) (b).

As médias e o desvio padrão (Desv.Pad.) da temperatura da água para os períodos, seco (jun, jul e ago de 2010) e úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011) nos diferentes pontos (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>5</sub>) encontram-se na Tabela 4.7.

Tabela 4.7- Médias e desvio padrão dos dados de temperatura da água (°C) nos diferentes pontos e períodos de estudo.

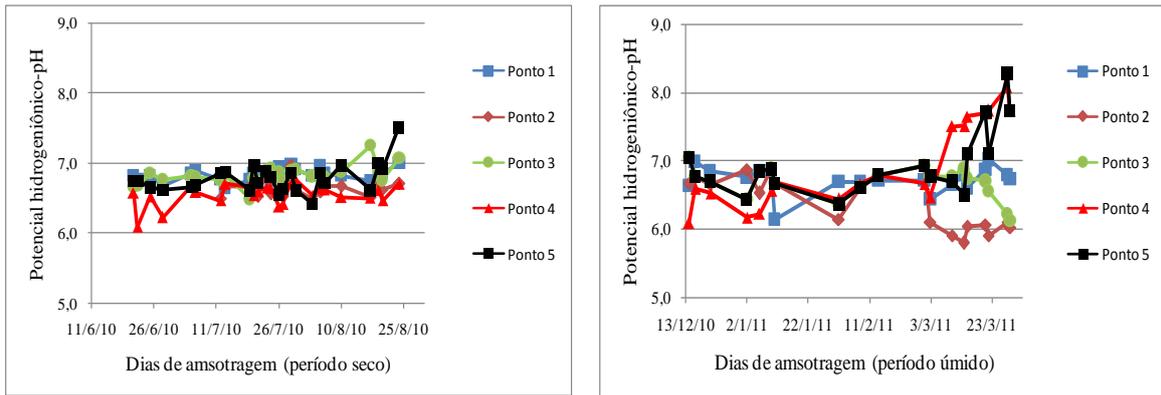
<b>Temperatura (°C)</b>					
<b>Pontos</b>	<b>P<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>4</sub></b>	<b>P<sub>5</sub></b>
<b>Período seco (jun, jul e ago de 2010)</b>					
<b>Média</b>	17,1	20,0	16,4	17,0	16,7
<b>Desv. Pad.</b>	1,3	1,0	1,3	1,0	1,1
<b>Período úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011)</b>					
<b>Média</b>	23,2	23,2	21,0	21,7	21,8
<b>Desv. Pad.</b>	1,0	1,1	1,6	1,0	1,4

Observando os dois períodos estudados (Figura 4.17 (a) e (b)) as menores temperaturas da água foram no período seco (inverno no Hemisfério Sul). Na Tabela 4.7 as maiores médias da temperatura da água nos dois períodos estudados foram para os pontos P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub> do monitoramento. Os dados em questão, nos diferentes pontos, apresentaram baixos valores de dispersão (desvio padrão variando de 1,0 até 1,6), o que indica pouca variabilidade dos valores amostrados nos períodos, seco (jun, jul e ago de 2010) e úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011) estudado.

Os pontos P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub> podem ser considerados os pontos em que as áreas se encontram com menor cobertura florestal próximo as margens quando comparado com os pontos P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>5</sub>. No monitoramento da vazão (próxima subseção), foi observado também que o ponto P<sub>1</sub> apresenta as menores medidas de altura da lâmina d'água (cota(m)) quando comparado com os pontos P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>5</sub> (APÊNDICE D). Em se tratando de largura da seção de cada ponto, em P<sub>1</sub> (variando de 2,60 m até 4,40 m) e P<sub>3</sub> (variando de 4,00 m até 5,00 m) se têm os maiores valores quando comparado com P<sub>4</sub> (variando de 1,45 m até 2,00 m) e P<sub>5</sub> (variando de 3,0 m até 3,5 m). Maier (1987) também destacou que o aquecimento direto da água é diretamente proporcional a área da superfície e, inversamente, a altura da lâmina d'água na microbacia. O aquecimento indireto acontece por meio da insolação no solo e relaciona-se com o tipo de substrato por onde a água escoar. Sendo assim, ambos são influenciados pela fisiografia da bacia de drenagem (geologia, geomorfologia, pedologia e hidrografia), material em suspensão na água e pela vegetação marginal. A temperatura da água é limitada também pela do ar, variando em geral, paralelamente a sua mínima. O ar ao contrário da água, devido ao baixo calor específico perde calor mais rapidamente.

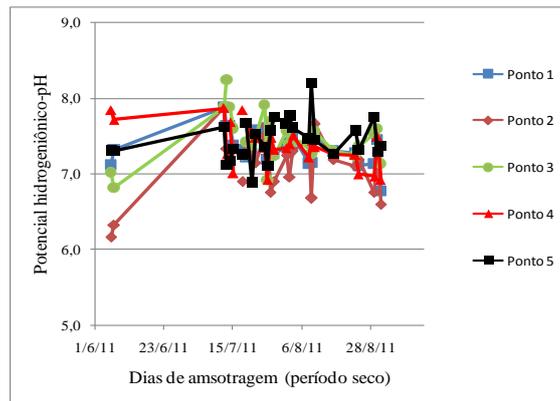
A mata ciliar na microbacia confere maior proteção contra o aquecimento da água, devido à menor exposição dos corpos d'água à luz solar direta. Torna-se importante ressaltar que o ponto P<sub>1</sub> apresenta total falta de mata ciliar. O ponto P<sub>2</sub> além de apresentar pouca mata ciliar trata-se de um lago, assim, o baixo fluxo das águas faz com que as temperaturas superficiais neste ponto sejam maiores o que contribui para a elevação da temperatura da água (APÊNDICE D). Desta maneira, a ausência ou pequena quantidade de mata ciliar pode ser responsável pelo maior aquecimento das águas nos diferentes pontos da microbacia. Outros autores como Arcova e Cicco (1999); Bueno et al. (2005) também observaram que a falta de vegetação em uma microbacia é responsável por variações na temperatura da água, podendo interferir em outras variáveis, sugerindo assim a necessidade imprescindível do manejo adequado do solo em microbacias.

Na Figura 4.18 encontra-se o parâmetro de qualidade da água, potencial hidrogeniônico (pH), nos cinco pontos de monitoramento na microbacia. Na Figura 4.18 (a) se encontram os valores diários para o período seco (junho, julho e agosto/2010; precipitação total=77 mm). Na Figura 4.18 (b) se encontram os valores diários para o período úmido (dezembro, janeiro, fevereiro e março 2010/2011; precipitação total=1231 mm). Na Figura 4.18 (c) se encontram os valores diários para o período seco (junho, julho e agosto/2011; precipitação total=62 mm).



(a)

(b)



(c)

Figura 4.18- Potencial hidrogeniônico da água na microbacia do Ribeirão dos Macacos: Em período seco (jun, jul e ago de 2010) (a), em período úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011) (b) e em período seco (jun, jul e ago de 2011) (c).

As médias e o desvio padrão (Desv.Pad.) do potencial hidrogeniônico da água para os períodos, seco (jun, jul e ago de 2010), úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011) e seco (jun, jul e ago de 2011) nos diferentes pontos (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>5</sub>) encontram-se na Tabela 4.8.

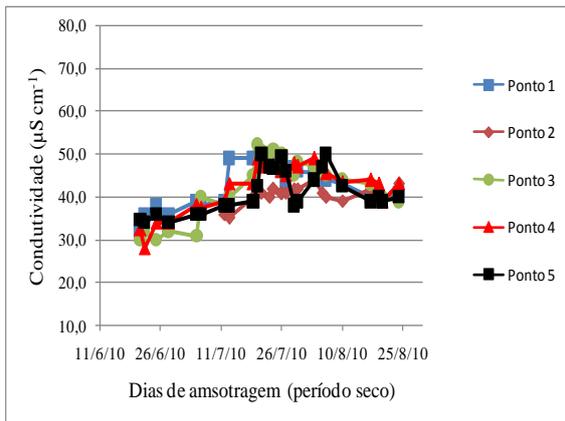
Tabela 4.8- Médias e desvio padrão dos dados de potencial hidrogeniônico da água nos diferentes pontos e períodos de estudo.

<b>Potencial Hidrogeniônico</b>					
<b>Pontos</b>	<b>P<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>4</sub></b>	<b>P<sub>5</sub></b>
<b>Período seco (jun, jul e ago de 2010)</b>					
<b>Média</b>	6,6	6,6	6,8	6,6	6,8
<b>Desv. Pad.</b>	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
<b>Período úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011)</b>					
<b>Média</b>	6,7	6,4	6,7	6,9	6,9
<b>Desv. Pad.</b>	0,2	0,4	0,2	0,6	0,5
<b>Período seco (jun, jul e ago de 2011)</b>					
<b>Média</b>	7,3	7,1	7,4	7,4	7,5
<b>Desv. Pad.</b>	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3

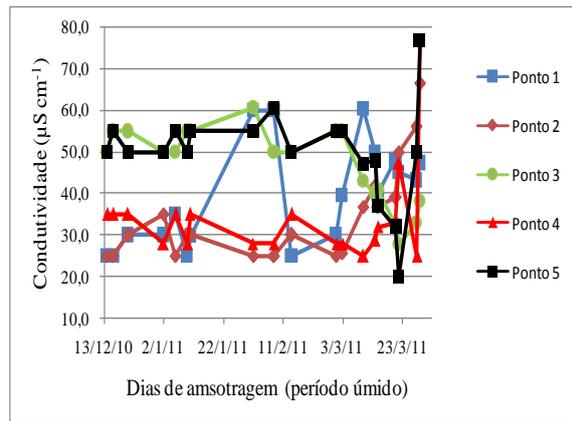
Os valores de pH observados, na maioria encontram-se dentro dos limites estipulados pela CONAMA (2005), que são de 6 a 9. Somente no ponto P<sub>2</sub> algumas poucas amostragens apresentaram valores de pH inferiores a 6,0, o que não é considerado ideal pela CONAMA (2005) (Figura 4.18 (a), (b) e (c)).

Na Tabela 4.9, as maiores médias de pH da água nos três períodos estudados são para o ponto P<sub>5</sub>, porém as médias nos diferentes pontos, em cada um dos períodos são bem próximas. Nos períodos, seco (jun, jul e ago de 2010) e úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011) as médias do pH estão bem próximas em todos os pontos (variando de 6,4 até 6,9). Já no período seco posterior (jun, jul e ago de 2011) as médias nos diferentes pontos indicam maiores valores de pH quando comparados com os períodos anteriores (variando de 7,1 a 7,5). Os dados em questão, nos diferentes pontos, apresentaram baixos valores de dispersão (desvio padrão variando de 0,1 até 0,6), o que indica pouca variabilidade nos valores amostrados nos períodos, seco (jun, jul e ago de 2010), úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011) e seco (jun, jul e ago de 2011) estudados.

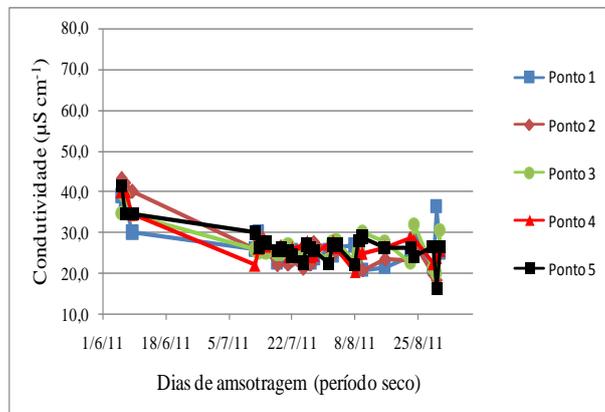
Na Figura 4.19 encontra-se o parâmetro de qualidade da água, condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) para os cinco pontos de monitoramento na microbacia. Na Figura 4.19 (a) se encontram os valores diários para o período seco (junho, julho e agosto/2010; precipitação total=77 mm). Na Figura 4.19 (b) se encontram os valores diários para o período úmido (dezembro, janeiro, fevereiro e março/2010/2011; precipitação total=1231 mm). Na Figura 4.19 (c) se encontram os valores diários para o período seco (junho, julho e agosto/2011; precipitação total=62 mm).



(a)



(b)



(c)

Figura 4.19- Condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) da água na microbacia do Ribeirão dos Macacos: Em período seco (jun, jul e ago de 2010) (a), em período úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011) (b) e em período seco (jun, jul e ago de 2011) (c).

As médias e o desvio padrão (Desv.Pad.) da condutividade da água ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) para os períodos, seco (jun, jul e ago de 2010), úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011) e seco (jun, jul e ago de 2011) nos diferentes pontos ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$  e  $P_5$ ) encontram-se na Tabela 4.9.

Tabela 4.9- Médias e desvio padrão dos dados de condutividade da água ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) nos diferentes pontos e períodos de estudo.

<b>Condutividade (<math>\mu\text{S cm}^{-1}</math>)</b>					
<b>Pontos</b>	<b>P<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>4</sub></b>	<b>P<sub>5</sub></b>
<b>Período seco (jun, jul e ago de 2010)</b>					
<b>Média</b>	42,8	40,4	42,2	42,4	41,0
<b>Desv. Pad.</b>	4,9	2,2	6,9	5,7	5,1
<b>Período úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011)</b>					
<b>Média</b>	39,4	34,6	47,2	34,0	50,1
<b>Desv. Pad.</b>	12,5	11,8	9,3	11,6	11,5
<b>Período seco (jun, jul e ago de 2011)</b>					
<b>Média</b>	26,3	26,0	26,8	27,1	27,0
<b>Desv. Pad.</b>	4,6	6,3	4,3	4,5	4,6

Observando os três períodos estudados (Figura 4.19 (a), (b) e (c)) é importante ressaltar a alta variabilidade nos valores da condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) no período úmido (Figura 4.19 (b)) quando comparado com os dois períodos seco estudados (Figura 4.19 (a) e (c)).

Na Tabela 4.9, não existem indícios de maiores ou menores tendências médias de condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) dos pontos, quando comparados entre si, nos diferentes períodos estudados. Nos períodos, seco (jun, jul e ago de 2010) e úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011) as médias da condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) foram mais aproximadas nos diferentes pontos (variando de 34,0 até 50,1  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ). Já no período seco posterior (jun, jul e ago de 2011) as médias nos diferentes pontos indicam menores valores de condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) quando comparado com os períodos anteriores (variando de 26,0 até 27,1  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ). No período úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011), os dados nos diferentes pontos apresentam os maiores valores de dispersão (desvio padrão variando de 9,3 até 12,5), o que indica maior variabilidade nos valores amostrados neste período quando comparado aos dois períodos seco estudados.

Na Figura 4.20 encontra-se o parâmetro de qualidade da água, oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) para os cinco pontos de monitoramento na microbacia. Na Figura 4.20 (a) se encontram os valores diários para o período seco (junho, julho e agosto/ 2010; precipitação total=77 mm). Na Figura 4.20 (b) se encontram os valores diários para o período úmido (dezembro, janeiro, fevereiro e março/2010/2011; precipitação

total=1231 mm). Na Figura 4.20 (c) se encontram os valores diários para o período seco (junho, julho e agosto/ 2011; precipitação total=62 mm).

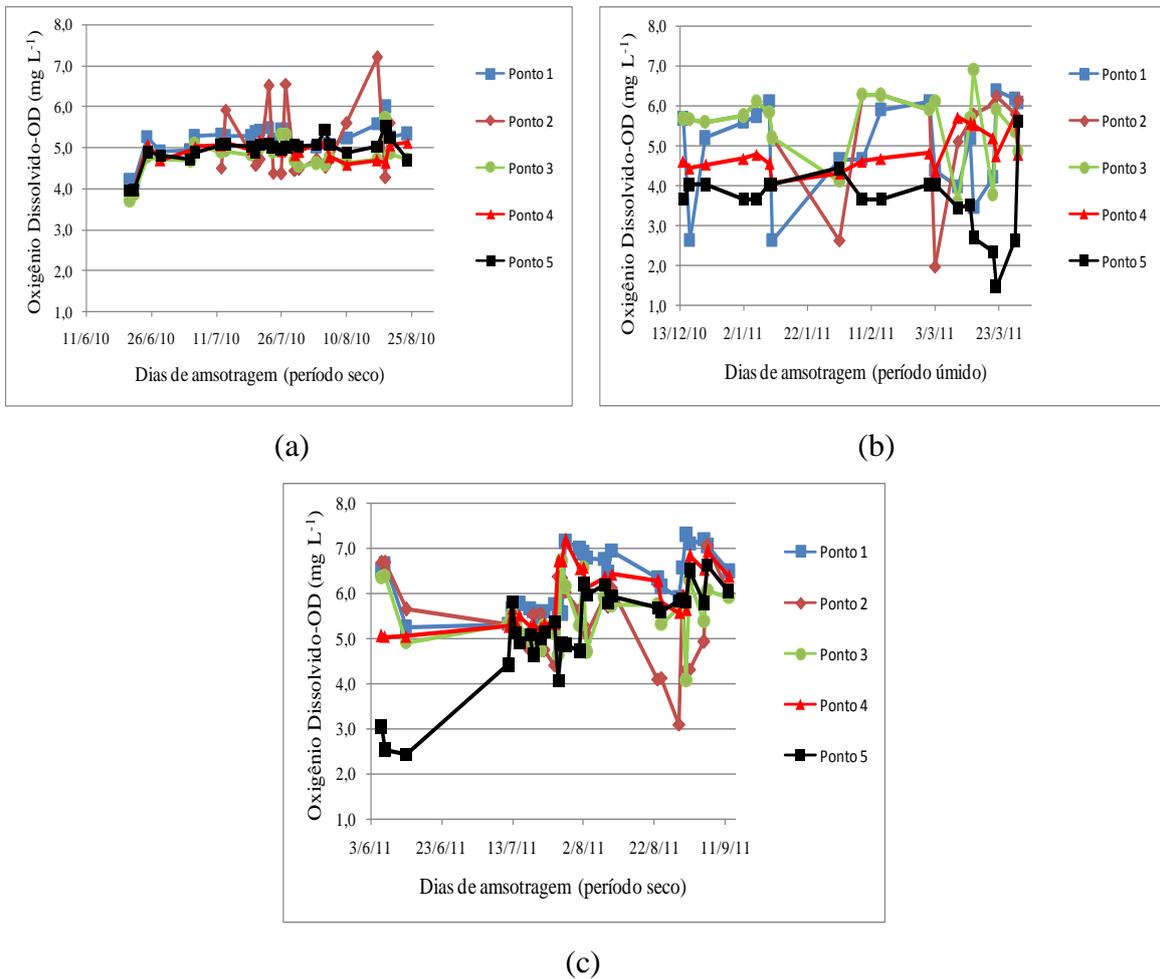


Figura 4.20- Oxigênio dissolvido da água na microbacia do Ribeirão dos Macacos: Em período seco (jun, jul e ago de 2010) (a), em período úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011) (b) e em período seco (jun, jul e ago de 2011) (c).

As médias e o desvio padrão (Desv.Pad.) do oxigênio dissolvido da água ( $\text{mg L}^{-1}$ ) para os períodos, seco (jun, jul e ago de 2010), úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011) e seco (jun, jul e ago de 2011) nos diferentes pontos ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$  e  $P_5$ ) encontram-se na Tabela 4.10 abaixo.

Tabela 4.10- Médias e desvio padrão dos dados de oxigênio dissolvido da água ( $\text{mg L}^{-1}$ ) nos diferentes pontos e períodos de estudo.

<b>Oxigênio Dissolvido (<math>\text{mg L}^{-1}</math>)</b>					
<b>Pontos</b>	<b><math>P_1</math></b>	<b><math>P_2</math></b>	<b><math>P_3</math></b>	<b><math>P_4</math></b>	<b><math>P_5</math></b>
<b>Período seco (jun, jul e ago de 2010)</b>					
<b>Média</b>	5,2	5,1	4,8	4,9	4,9
<b>Desv. Pad.</b>	0,4	0,9	0,4	0,3	0,3
<b>Período úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011)</b>					
<b>Média</b>	5,0	5,5	5,5	4,8	3,6
<b>Desv. Pad.</b>	1,2	1,2	0,9	0,5	0,9
<b>Período seco (jun, jul e ago de 2011)</b>					
<b>Média</b>	6,2	5,4	5,5	5,8	5,0
<b>Desv. Pad.</b>	0,6	0,9	0,7	0,6	1,0

Segundo a CONAMA (2005) para águas doces de classe 2 (Seção 2.4, Tabela 2.1), o OD não deve ser inferior a  $5 \text{ mg L}^{-1}$ , e pode-se observar que algumas amostragens na microbacia apresentaram valores abaixo desse valor estipulado, principalmente no ponto  $P_5$ , em que se tem os mínimos valores amostrados encontrados (Figura 4.20 (a), (b) e (c)). Os dados em questão, nos diferentes pontos no período úmido apresentaram os maiores valores de dispersão (desvio padrão variando de 0,6 até 1,0), o que indica maior variabilidade nos valores amostrados neste período quando comparado aos dois períodos seco estudados.

Na Tabela 4.10, observa-se que o oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) nos diferentes pontos apresenta valores médios aproximados nos períodos, seco (jun, jul e ago de 2010) e úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011) (variando de 3,6 até 5,5  $\text{mg L}^{-1}$ ). Já no período seco posterior (jun, jul e ago de 2011) as médias de OD nos diferentes pontos indicam maiores valores quando comparado com os períodos anteriores (variando de 5,0 até 6,2  $\text{mg L}^{-1}$ ). As menores médias no período úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011) em relação ao período seco (jun, jul e ago de 2011) estudado podem ser devido ao maior total de precipitação na área, que ocasiona erosão, lixiviamento dos solos e conseqüentemente maior fluxo de substâncias para dentro da microbacia. Desta

maneira um acréscimo do efluente agropecuário na microbacia pode ter contribuído para diminuição do OD no período úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011) em relação ao período seco (jun, jul e ago de 2011).

Torna-se importante ressaltar o ponto P<sub>5</sub> que apresenta queda de oxigênio dissolvido da água em várias amostragens (Figura 4.20 (a), (b) e (c)). Este ponto (P<sub>5</sub>) se encontra na sede do Instituto Oikos de Agroecologia, sendo o ponto a jusante de todo sistema estudado. Assim, este indício se deve provavelmente a maior quantidade de matéria orgânica neste ponto proporcionando aumento da decomposição aeróbica e, em consequência, diminuição da concentração de oxigênio dissolvido na água. Desta forma, pode-se dizer que algum tipo de ação antrópica pode ter contribuído para estes resultados, sugerindo maior inspeção geral local para aprimorar ainda mais as ações ambientais que visam minimizar os danos causados pelas fontes de poluição na microbacia.

Alguns autores verificaram variabilidade do OD associada a outros fatores. Nos trabalhos de Arcova e Cicco (1999); Silva et al. (2009), foi observado que as menores temperaturas da água na microbacia (período seco do ano) estão diretamente ligadas as maiores concentrações de Oxigênio Dissolvido desta, e verificou-se também que menores declividades de canais podem proporcionar menores concentrações de OD na água. Maier (1987) também ressaltou que em águas correntes, sob circunstâncias normais, o conteúdo de OD é alto e varia ao longo do rio, devido a alterações em suas características ambientais e em consequência das condições climáticas. Este autor enfatizou que como a solubilidade do OD é inversamente proporcional à temperatura, seu teor tende a diminuir pelo aquecimento das águas durante o dia e aumentar pelo resfriamento no período noturno.

Nessa dissertação, por se tratar de uma área em que ações de preservação e reconstituição do ambiente natural da microbacia têm sido empregadas, com início no ano de 2009, pelo Instituto Oikos de Agroecologia, torna-se importante destacar alguns índices observados no decorrer do estudo. Quando se compara o primeiro período seco (jun, jul e ago de 2010) com o seguinte período seco (jun, jul e ago de 2011), em todos os pontos estudados (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>5</sub>), pode-se observar no ano de 2011 (período

seco) uma leve tendência de aumento médio no potencial hidrogeniônico-pH e oxigênio dissolvido-OD ( $\text{mg L}^{-1}$ ), já no caso da condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) decaimento médio.

Além dos parâmetros descritos anteriormente, também são analisados os seguintes parâmetros de qualidade da água: Coliformes Totais (NMP/100 ml), Escherichia Coli (NMP/100 ml), Fósforo Total ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e Nitrato ( $\text{mg L}^{-1}$ ) (Tabela 4.12). Estes parâmetros são obtidos por meio de amostras coletadas de água e evidenciam que no caso dos Coliformes Totais, as análises variam no ponto P<sub>1</sub> de 230 à 3500 NMP/100 ml, no ponto P<sub>3</sub> de 230 à 5400 NMP/100 ml, no ponto P<sub>4</sub> de 230 à 5400 NMP/100 ml e no ponto P<sub>5</sub> de 460 à 2400 NMP/100 ml. Quanto a Escherichia Coli, as análises variam no ponto P<sub>1</sub> de 45 à 350 NMP/100 ml, no ponto P<sub>3</sub> de 1,80 à 230 NMP/100 ml, no ponto P<sub>4</sub> de <1,80 à 1300 NMP/100 ml e no ponto P<sub>5</sub> de <1,80 à 220 NMP/100 ml. Para o Fósforo Total as análises variam no ponto P<sub>1</sub> de 0,13 à 1,20  $\text{mg L}^{-1}$ , no ponto P<sub>3</sub> de <0,19 à 1,55  $\text{mg L}^{-1}$ , no ponto P<sub>4</sub> de 0,50 à 1,30  $\text{mg L}^{-1}$  e no ponto P<sub>5</sub> de <0,63 à 1,70  $\text{mg L}^{-1}$ . Por fim, para o Nitrato as análises variam no ponto P<sub>1</sub> de <0,01 à 0,88  $\text{mg L}^{-1}$ , no ponto P<sub>3</sub> foi <0,01  $\text{mg L}^{-1}$  (todas as análises), no ponto P<sub>4</sub> de <0,01 à 2,57  $\text{mg L}^{-1}$  e no ponto P<sub>5</sub> de <0,01 à 3,01  $\text{mg L}^{-1}$ . Assim, pode-se observar na Tabela 4.11 alta variabilidade destes parâmetros citados, no espaço e no tempo, considerando os meses seco e úmido.

Tabela 4.11- Precipitação total e parâmetros: Coliformes Totais (NMP/100 ml), Escherichia Coli (NMP/100 ml), Fósforo Total (mg L<sup>-1</sup>) e Nitrato (mg L<sup>-1</sup>), nos pontos P<sub>1</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>5</sub>.

Local de Amostragem e Data	Coliformes Totais (NMP/100 ml)	Escherichia Coli (NMP/100 ml)	Fósforo Total (mg L <sup>-1</sup> )	Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	Precipitação total (mm)
<b>Ponto-P<sub>1</sub></b>					
Julho (12/07/11)	330	45	0,13	<0,01	0
Agosto (19/08/11)	350	350	0,51	0,88	26
Setembro (09/09/11)	230	45	0,63	0,75	2,5
Outubro (25/10/11)	3500	92	1,2	<0,01	148
Novembro (22/11/11)	700	170	0,78	0,22	212
Dezembro (5/12/11)	2200	140	0,85	0,17	118
<b>Ponto-P<sub>3</sub></b>					
Julho (12/07/11)	230	130	<0,19	<0,01	0
Agosto (19/08/11)	1600	1,8	0,54	<0,01	26
Setembro (09/09/11)	330	45	0,71	<0,01	2,5
Outubro (25/10/11)	5400	230	1,55	<0,01	148
Novembro (22/11/11)	2400	93	1	<0,01	212
Dezembro (5/12/11)	790	78	0,89	<0,01	118
<b>Ponto-P<sub>4</sub></b>					
Julho (12/07/11)	1400	170	1,19	<0,01	0
Agosto (19/08/11)	1600	<1,8	0,5	2,57	26
Setembro (09/09/11)	230	78	0,66	1,86	2,5
Outubro (25/10/11)	5400	1300	1,23	<0,01	148
Novembro (22/11/11)	2400	40	1,3	0,31	212
Dezembro (5/12/11)	2800	78	0,99	0,35	118
<b>Ponto-P<sub>5</sub></b>					
Julho (12/07/11)	460	170	0,65	<0,01	0
Agosto (19/08/11)	540	170	0,63	3,01	26
Setembro (09/09/11)	2400	<1,8	0,78	2,56	2,5
Outubro (25/10/11)	1700	220	1,7	<0,01	148
Novembro (22/11/11)	700	78	1,15	0,49	212
Dezembro (5/12/11)	2200	68	1,01	0,57	118

Segundo a CONAMA (2005), a Escherichia Coli para águas doces de classe 2 não devem exceder um limite de 1000 NMP/100 ml. No caso deste estudo, as amostras coletadas nos 6 meses, indicam que em todos os pontos monitorados os valores obtidos estão dentro do valor limite (exceto para o mês de outubro no P<sub>4</sub>). No caso do Fósforo Total o valor máximo permissível é de 0,05 mg L<sup>-1</sup>, sendo assim, este parâmetro excedeu o valor máximo permissível em todos os valores obtidos, estes resultados, podem ser um indicativo de contaminação devido ao uso de fertilizantes no manejo do solo e também de esgotos. Para o Nitrato o valor máximo permissível é de 10 mg L<sup>-1</sup>, neste caso os valores obtidos deste parâmetro se encontram abaixo do valor máximo permissível em todos os valores obtidos.

Os parâmetros de qualidade da água obtidos na microbacia do Ribeirão dos Macacos, quando comparados com os obtidos por outros autores, foram aproximados em alguns casos apesar das distintas características de cada local e das diferentes metodologias em cada estudo. Arcova e Cicco (1999) em trechos ocupados por floresta e agricultura

observaram respectivamente: Temperatura da água variando de 11,3 à 19,3 °C e 12,1 à 21,6 °C, OD variando de 6,0 à 11,8 mg L<sup>-1</sup> e 5,6 à 12,4 mg L<sup>-1</sup> e condutividade variando de 8,1 à 18,4 µS cm<sup>-1</sup> e 8,8 à 22,8 µS cm<sup>-1</sup> (maio/1994 à junho1996); Bueno (2005) em trechos ocupados por mata nativa observou: Temperatura da água variando de 20,4 à 23,7 °C, OD variando de 3,1 à 4,5 mg L<sup>-1</sup> e pH variando de 5,7 à 6,3 (junho à novembro/2003 ). Primavesi et al. (2000) em área de predominante ocupação por pecuária observaram respectivamente: Temperatura da água variando de 15,5 à 27,0 °C, pH variando de 4,2 à 7,4, condutividade variando de 4,0 à 30,6 µS cm<sup>-1</sup>, coliformes fecais variando de 0 à 8600 NMP/100 ml (maio/1996 à junho1998), fósforo total variando de 0,08 à 0,8 mg L<sup>-1</sup> e nitrato variando de 0 à 5,10 mg L<sup>-1</sup>. Sendo assim, é evidente que cada corpo d'água apresenta particularidades distintas quanto aos parâmetros de qualidade de água e sem dúvida estes são influenciados pelas características do meio em questão.

A partir de todos os parâmetros analisados neste estudo, observa-se que os parâmetros pH, Escherichia Coli e Nitrato na maioria dos pontos amostrados estão enquadrados nos limites estabelecidos pela CONAMA (2005), para águas de classe 2. Diante de toda a discussão e resultados apresentados, sem dúvida é imprescindível que o estudo do monitoramento (qualidade e quantidade de água) na microbacia continue no decorrer dos anos, para que as práticas ambientais empregadas possam evidenciar indícios de longo prazo de melhoria em todos os parâmetros estudados.

#### **4.3.2. A vazão na microbacia**

Na Figura 4.21 se encontram os dados de vazão (m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>) e precipitação (mm) referentes à quantidade de água da microbacia do Ribeirão dos Macacos, nos pontos P<sub>1</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>5</sub>, monitorados no ano de 2011 (meses: mar, abr, mai, jun, jul, ago, set, out e nov). Para obtenção destes dados utilizou-se os cálculos apresentados no APÊNDICE D (Tabela D1 (a, b, c e d)). No ponto P<sub>2</sub> não foi feita a medida de vazão, por este ser considerado um lago.

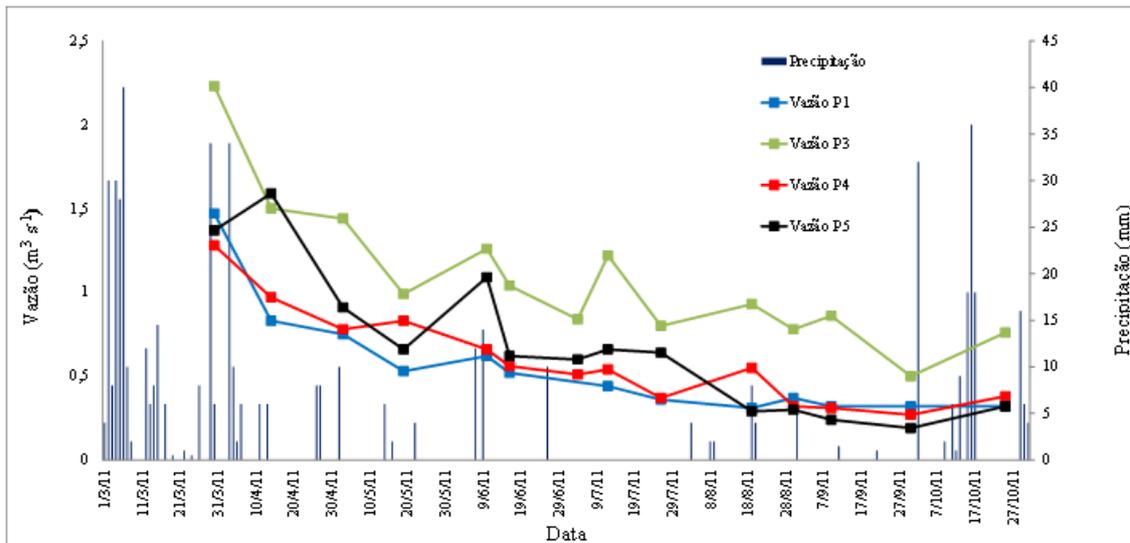


Figura 4.21- Vazão ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ) e precipitação (mm) na microbacia no ano de 2011.

No geral as vazões observadas acompanham os totais precipitados, sendo os maiores valores de vazão onde se tem ocorrência de precipitação. As maiores vazões são encontradas no ponto  $P_3$  (de 0,5 até  $2,23 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) quando comparado aos outros pontos ( $P_1$ ,  $P_4$  e  $P_5$ ). O ponto  $P_5$  (de 0,19 até  $1,59 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) é o ponto que apresenta maior variabilidade nos dados de vazão coletados quando comparado aos outros pontos ( $P_1$ ,  $P_3$  e  $P_4$ ). Os pontos  $P_1$  (de 0,31 até  $1,47 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) e  $P_4$  (de 0,22 até  $1,14 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) são os pontos onde se observa as menores variabilidades de dados de vazão coletados, sendo os seus valores os menores e mais aproximados quando comparado aos outros pontos ( $P_3$  e  $P_5$ ) (Figura 4.21).

Com os dados coletados de vazão e altura da lâmina d'água (cota), durante o ano de 2011, foi possível obter a “curva chave” em cada um dos pontos  $P_1$ ,  $P_3$ ,  $P_4$  e  $P_5$  estudados. Na Figura 4.22 (a, b, c e d) a seguir podem-se observar as equações obtidas em cada um dos pontos. Os melhores modelos ajustados das equações polinomiais possuem bons coeficientes de determinação ( $P_1$ :  $R^2=0,979$ ;  $P_3$ :  $R^2=0,808$ ;  $P_4$ :  $R^2=0,891$  e  $P_5$ :  $R^2=0,922$ ), o que indica que ao introduzir nas equações a variável altura da lâmina d'água dos diferentes pontos, aproximadamente 98%, 81%, 89% e 92% das variações dos valores de vazão são esclarecidos pelo modelo adotado. As equações obtidas são significativas ao nível de 1 % de probabilidade (análise de variância). Estes resultados indicam que por meio das equações obtidas em cada um dos pontos é possível reconstruir séries de vazão a partir dos valores de altura da lâmina d'água (h de cada

uma das equações) e desta maneira obter um acompanhamento contínuo das vazões (Q de cada uma das equações), na microbacia ao longo do tempo.

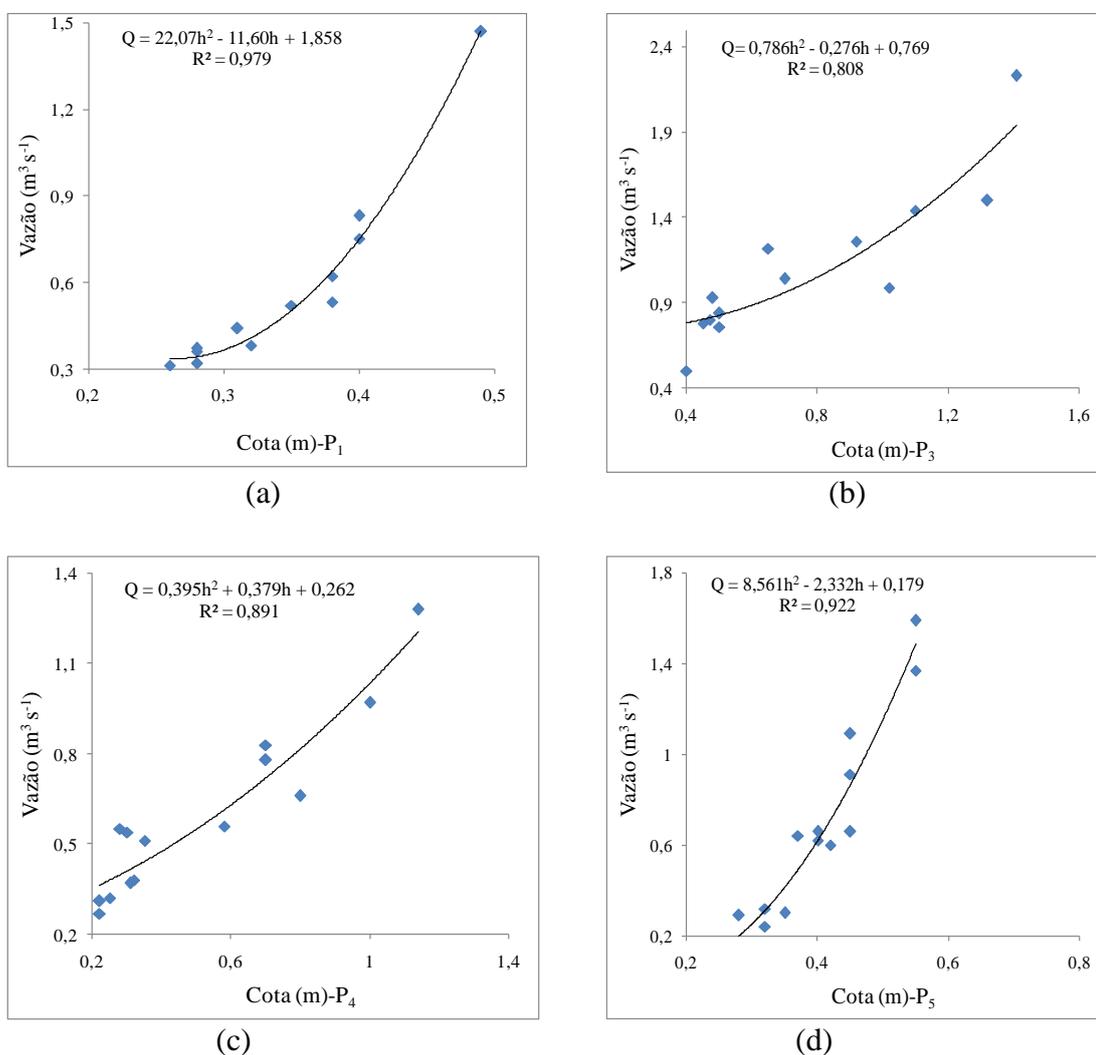


Figura 4.22- Equação da curva chave obtida em cada um dos pontos monitorados:  $P_1$  (a),  $P_3$  (b),  $P_4$  (c) e  $P_5$  (d) (\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade).

Na Figura 4.23 (a, b e c) abaixo, se encontram a precipitação e as vazões reconstruídas por meio das “Equações da curva chave” em cada um dos pontos ( $P_1$ ,  $P_3$ ,  $P_4$  e  $P_5$ ), em períodos, seco (jun, jul e ago de 2010)-(a), úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011)-(b) e seco (jun, jul e ago de 2011)-(c). Na Tabela 4.12 abaixo se encontram as médias e o desvio padrão (Desv.Pad.) das vazões reconstruídas nos diferentes períodos estudados.

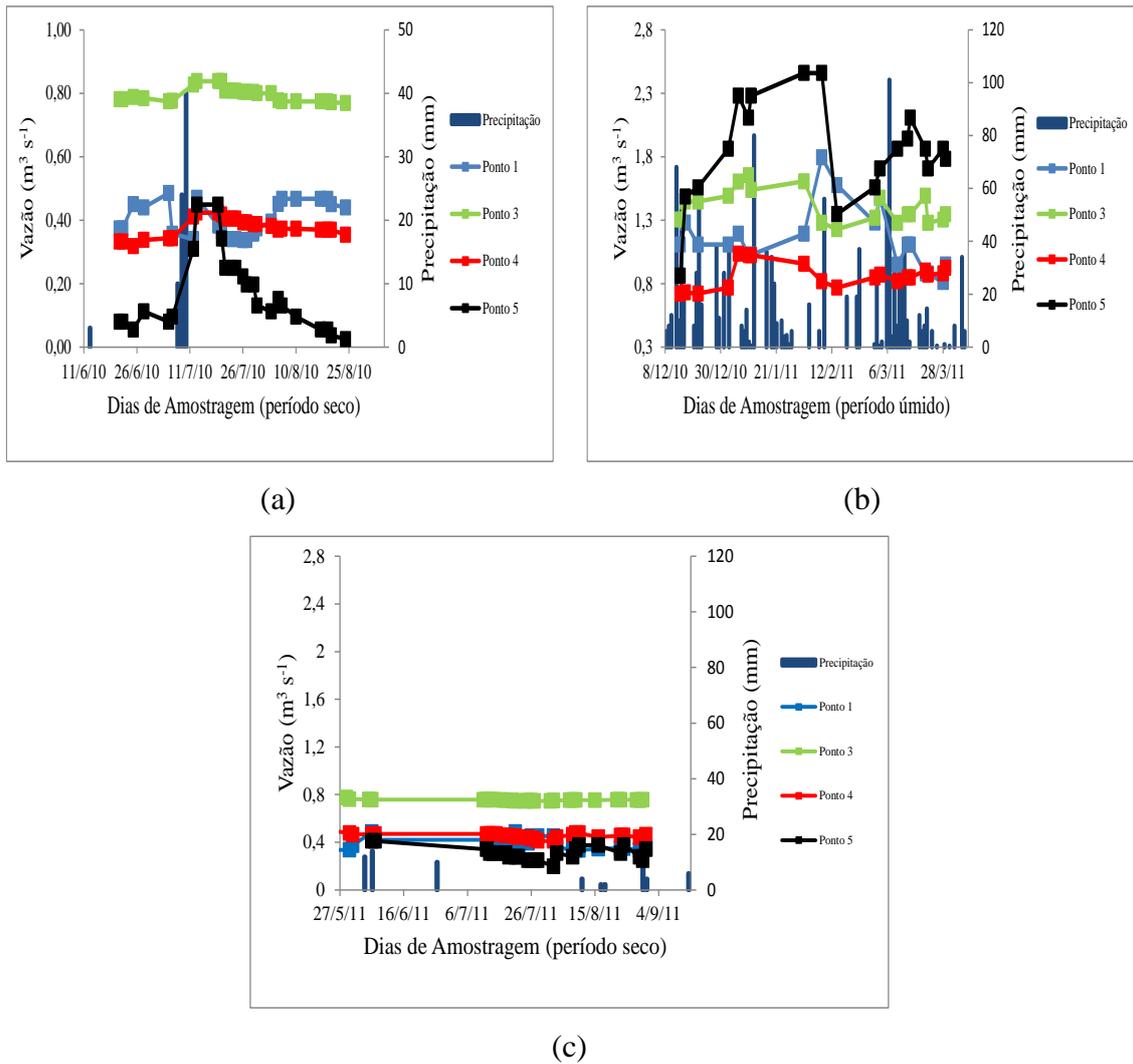


Figura 4.23- Vazões reconstruídas por meio dos dados de altura da lâmina d'água (cota), obtidos no monitoramento da qualidade da água. Em período seco (jun, jul e ago de 2010) (a), em período úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011) (b) e em período seco (jun, jul e ago de 2011) (c).

Tabela 4.12- Médias e desvio padrão dos dados de vazões reconstruídas ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ) nos diferentes pontos e períodos de estudo.

<b>Oxigênio Dissolvido (<math>\text{mg L}^{-1}</math>)</b>					
<b>Pontos</b>	<b>P<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>2</sub></b>	<b>P<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>4</sub></b>	<b>P<sub>5</sub></b>
<b>Período seco (jun, jul e ago de 2010)</b>					
<b>Média</b>	5,2	5,1	4,8	4,9	4,9
<b>Desv. Pad.</b>	0,4	0,9	0,4	0,3	0,3
<b>Período úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011)</b>					
<b>Média</b>	5,0	5,5	5,5	4,8	3,6
<b>Desv. Pad.</b>	1,2	1,2	0,9	0,5	0,9
<b>Período seco (jun, jul e ago de 2011)</b>					
<b>Média</b>	6,2	5,4	5,5	5,8	5,0
<b>Desv. Pad.</b>	0,6	0,9	0,7	0,6	1,0

Os dados em questão, nos diferentes pontos, apresentam baixos valores de dispersão (desvio padrão variando de 0,1 até 0,4), o que indica pouca variabilidade dos valores de vazões reconstruídas nos períodos, seco (jun, jul e ago de 2010), úmido (dez, jan, fev e mar de 2010/2011) e seco (jun, jul e ago de 2011) estudados (Tabela 4.12).

Com os dados de vazões reconstruídas obtidos nos diferentes períodos, foi possível perceber a variabilidade destes com a sazonalidade da precipitação, ou seja, os dados de vazão se alteram entre maiores e menores valores de acordo com o período estudado (Figura 4.22 (a, b e c)). Assim, em todo período estudado foi feita a correlação (Coeficiente de Pearson) destes dados de vazão com os respectivos parâmetros de qualidade da água (sonda multiparâmetros, YSI 6820) coletados no monitoramento (subseção 4.4.1). Pela análise de variância (valor do teste F), observa-se que houve significância (ao nível de 1% de probabilidade) dos modelos de regressão linear entre vazão e os parâmetros de qualidade da água em alguns pontos (\*\*) (Tabela 4.13).

Tabela 4.13- Correlação de Pearson entre vazão e os parâmetros de qualidade da água (temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), condutividade (condut.) e oxigênio dissolvido(OD)).

<b>Coeficiente de Pearson</b>	<b>P<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>3</sub></b>	<b>P<sub>4</sub></b>	<b>P<sub>5</sub></b>
<b>Vazão x Temperatura</b>	0,9**	0,8**	0,9**	0,9**
<b>Vazão x pH</b>	-0,5**	-0,5**	0,1	-0,1
<b>Vazão x Condut.</b>	0,2	0,6**	-0,1	0,6**
<b>Vazão x OD</b>	-0,4**	0,2	-0,3	-0,6**

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Analisando a Tabela 4.13, a temperatura da água é o parâmetro mais influenciado pela sazonalidade da vazão (apresentando uma forte correlação positiva,  $0,8 \leq r < 1$ ). A condutividade da água também apresentou maior tendência à correlação positiva (predomínio nos diferentes pontos de fraca/moderada correlação positiva,  $0,1 \leq r < 0,5$ / $0,5 \leq r < 0,8$ ). No caso do pH e OD estes parâmetros apresentam maior tendência à correlação negativa (predomínio nos diferentes pontos de fraca/moderada correlação negativa,  $-0,1 \leq r < -0,5$ / $-0,5 \leq r < -0,8$ ). Estes resultados indicam que com um maior total precipitado (verão), pode-se esperar, um aumento da temperatura da água, uma leve tendência de aumento da condutividade e também uma leve tendência de diminuição do pH e OD. Este fato pode estar ligado ao aumento do escoamento superficial na área e desta maneira aumento da concentração de matéria orgânica e particulada dissolvidas no corpo d'água.

No geral, foi possível concluir nestes resultados que o parâmetro temperatura da água foi o mais influenciado pela sazonalidade da vazão, sendo assim, diversos fatores físicos podem ter contribuído na correlação dos outros parâmetros com a vazão, evidenciando desta maneira menor influência da sazonalidade da vazão nestes parâmetros em questão (pH, condutividade e OD).



## 5. CONCLUSÃO E SUGESTÕES

As práticas ambientais sustentáveis realizadas na microbacia do Ribeirão dos Macacos sem dúvida levam em conta as interações entre os aspectos econômicos, ambientais e culturais na região estudada. Estas práticas iniciadas pelo Instituto Oikos de Agroecologia evidenciam que a conscientização social, a organização e a união dos moradores da região são pontos de partida importantes para apoiar e constituir pesquisas futuras que proporcionem melhorias ambientais na região. No geral, neste estudo foi possível perceber que existem vários trechos na microbacia onde as APP's precisam ser reconstituídas. O plantio de árvores nas áreas de pastagens (sistemas agroflorestais) também é muito importante para evitar a predisposição à erosão em áreas de declive acentuado. E para melhoria na qualidade da água sem dúvida o efluente direcionado para o corpo d'água deve ser minimizado.

Analisando todo o contexto em que se encontra a microbacia do Ribeirão dos Macacos conclui-se que ainda há muito a se fazer para alcançar um bom modelo de práticas sustentáveis dos recursos hídricos, e desta forma a adoção de práticas sustentáveis no meio natural não deve ser uma opção ou discussão, mais sim uma ação empregada para manutenção do meio. Portanto, são de fundamental importância pesquisas integradas envolvendo conhecimentos ecológicos, hidrometeorológicos e socioeconômicos como ferramentas para a tomada de decisão nos processos de gestão dos recursos hídricos, em bacias hidrográficas específicas. Desta maneira, as informações geradas neste estudo são úteis para subsidiar ações futuras em outras microbacias, ou até mesmo em trechos maiores da bacia do Rio Paraíba do Sul, para a manutenção e recuperação destes ambientes naturais.

Além dos efeitos das ações antrópicas na microbacia, a precipitação também está diretamente ligada com a quantidade de água (sazonalidade da vazão na microbacia) nos diferentes períodos do ano. Assim, com a análise da série histórica de precipitação (1999-2010) no Ribeirão dos Macacos, foi possível averiguar que os anos de 2008 e 2009 tiveram as maiores precipitações anuais (2288 e 2285 mm), já os anos de 2003 e 2007 tiveram as menores precipitações anuais (1394 e 1381 mm) do período analisado. Foi indicado nesse estudo que as precipitações totais podem está sendo influenciadas

pelo caráter convectivo provocado pelo maior aquecimento devido ao intenso uso e ocupação do solo na região.

Devido ao fato dos SF (atuante o ano todo) e ZCAS (atuante principalmente no verão) serem muitas vezes responsáveis pelos totais de precipitação e também por eventos extremos de precipitação na microbacia em diferentes períodos do ano, foi feito um estudo da ocorrência destes sistemas. No entanto, foi possível perceber que para relacioná-los com os totais de precipitação em determinados períodos é necessário um estudo diário (imagens de satélite) que leve em conta o monitoramento detalhado no tempo e espaço, dos sistemas que atingiram a região estudada. Assim, é preciso averiguar a permanência e intensidade dos SF e ZCAS (em todos os dias) com os totais precipitados. Desta maneira, uma sugestão para trabalhos futuros seria estudar mais detalhadamente, a influência direta dos SF e ZCAS na quantidade de precipitação na microbacia do Ribeirão dos Macacos no período do verão.

Por meio do ajuste da distribuição de probabilidade Gumbel para máximos foi possível obter a estimativa de risco de ocorrência ou excedência dos eventos extremos de precipitação e sua quantidade diária esperada (135,1; 139,2; 142,5; 147,8; 149,9 e 151,8 mm) para diferentes tempos de retorno extrapolados (40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100 anos). Estas informações obtidas poderão ser importantes na utilização de obras de engenharia agrícola e civil na região. No dia 2 de janeiro de 2000, foi encontrado o evento extremo de maior total diário (140 mm) ocorrido na microbacia (1999-2010), e este mesmo evento também foi verificado em outras PCD's do Vale do Paraíba-SP. A situação do dia em questão evidencia a atuação de SF e ZCAS na região do Sudeste Brasileiro, influenciando no total diário de precipitação neste dia, favorecendo a atividade convectiva na região do Vale do Paraíba.

Com a utilização da técnica da Krigagem na espacialização da precipitação por meio das PCD's localizadas no Vale do Paraíba, foi possível obter ajustes das precipitações mensais e diárias na localidade geográfica de coordenadas  $22^{\circ}42'5,4''S$ ,  $45^{\circ}08'38,5''W$ , inserida na microbacia do Ribeirão dos Macacos (pluviômetro instalado). O melhor ajuste obtido foi o da precipitação mensal, quando comparado ao ajuste obtido para precipitação diária. Sendo assim, a técnica da interpolação utilizando

a Krigagem pode ser utilizada para obtenção de precipitação mensal em locais que não possuem medições de precipitação.

Na análise dos parâmetros de qualidade da água obtidos por meio da sonda multiparâmetros YSI 6820, foi possível observar que o planejamento e o emprego das diferentes práticas ambientais realizadas na microbacia do Ribeirão dos Macacos resultaram em minimização de impactos ambientais que puderam ser observados em alguns índices ao longo deste estudo. Foi observada uma leve tendência de aumento médio nos parâmetros potencial hidrogeniônico-pH e oxigênio dissolvido-OD ( $\text{mg L}^{-1}$ ) além de decaimento médio da condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) em todos os pontos estudados ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$  e  $P_5$ ).

Nas análises de laboratório dos parâmetros, Coliformes Totais (NMP/100 ml), Escherichia Coli (NMP/100 ml), Fósforo Total ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e Nitrato ( $\text{mg L}^{-1}$ ), foi observada alta variabilidade no espaço e no tempo, destes parâmetros, considerando os meses seco e úmido acompanhados, porém é importante ressaltar que no caso destes parâmetros as análises foram feitas somente durante 6 meses, sendo assim é essencial a continuidade destas análises por mais tempo para afirmações e verificações de tendências.

Os parâmetros de qualidade da água além de variar com os diferentes períodos do ano (seco e úmido) também sofrem influência dos diferentes fatores físicos que regem o comportamento da microbacia. Desta forma, uma sugestão para trabalhos futuros seria fazer o acompanhamento da qualidade da água em um único ponto da microbacia (instalando a sonda multiparâmetros em um ponto fixo), obtendo o acompanhamento durante todos os dias e desta maneira, têm-se um maior controle dos valores amostrados e do meio em questão. Como o ponto  $P_5$  encontra-se a jusante do sistema e foi o ponto em que as ações ambientais efetuadas menos surtiram efeito quando comparado aos outros pontos (menores valores amostrados de OD), o acompanhamento diário poderia ser feito neste ponto- $P_5$ .

Com o acompanhamento dos dados coletados de vazão e altura da lâmina d'água (cota), foi possível obter a “equação da curva chave” em cada um dos pontos estudados-  $P_1$ ,  $P_3$ ,  $P_4$  e  $P_5$ . ( $P_1$ :  $Q=22,07h^2-11,60h+1,858$ ,  $R^2=0,979$ ;  $P_3$ :  $Q=0,786h^2-0,276h+0,769$ ;

$R^2=0,808$ ;  $P_4: Q=0,395h^2+0,379h+0,262$ ,  $R^2=0,891$  e  $P_5: Q=8,56h^2-2,332h+0,179$ ,  $R^2=0,922$ ). Com estes resultados, será possível futuramente realizar um acompanhamento diário da quantidade de água na microbacia nestes diferentes pontos, desde que se faça diariamente o acompanhamento da altura da lâmina d'água (cota). Na utilização de modelos hidrológicos para simulação da microbacia pode-se utilizar os dados obtidos nessa dissertação para calibração e validação destes estudos. O acompanhamento no tempo da vazão, devido às diferentes práticas efetuadas ou que ainda podem ser feitas, seria de grande valia, assim futuramente séries maiores de vazão podem ser reconstruídas e acompanhadas no Ribeirão dos Macacos.

Na análise conjunta dos parâmetros de qualidade da água (obtidos da sonda multiparâmetros YSI 6820) e vazões reconstruídas, foi possível concluir que o parâmetro temperatura da água foi o mais influenciado pela sazonalidade da vazão, sendo assim, os outros parâmetros avaliados (pH, condutividade e OD) podem ter sido influenciados também por diversos outros fatores físicos que regem o comportamento hidrológico na microbacia. Estes indícios podem evidenciar também que as ações ambientais podem ter influenciado na variabilidade dos parâmetros avaliados, pois foi observado uma menor variabilidade do pH, condutividade e OD com a sazonalidade da vazão durante o estudo. Assim, recomenda-se continuar o monitoramento hídrico no Ribeirão dos Macacos para acompanhar a variação dos parâmetros de qualidade da água e vazão juntamente com as ações de recuperação ambiental efetuadas na área desse estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFFONSO, A. G.; BARBOSA, C.; NOVO, E. M. L. M. Water quality changes in floodplain lakes due to the Amazon River flood pulse: Lago Grande de Curuaí (Pará). **Brazilian Journal of Biology**, v.71, n.3, p. 601-610, 2011.
- ALVES, L. M.; MARENGO, J. A.; CAMARGO JR., H.; CASTRO, C. Início da estação chuvosa na região Sudeste do Brasil: Parte 1 – Estudos observacionais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n. 3, p. 385-394, 2005.
- ALVES, L. M.; MARENGO, J. A.; CASTRO, C. A. C. Início das chuvas na Região Sudeste do Brasil: Análise Climatológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** 2002. p. 1403-1410. CD-ROM. (INPE-9443-PRE/5099). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/iris@1915/2005/04.11.16.37>>. Acesso em: 03 maio 2011.
- AMARAL, L. A.; NADER, A.; ROSSI, O. D.; FERREIRA, F. L. A.; BARROS, L. S. S. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista Saúde Pública**, v. 37, n. 4, p. 510-514, 2003. ISSN 0034-8910.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 19. ed. Washington : American Public Health Association, 1995.
- ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. **Revista Scientia Forestalis**, v. 5, n. 6, p. 125-134, 1999.
- BACK, A.J. Seleção de distribuição de probabilidade para chuvas diárias extremas do Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.16, p.211-222, 2001.
- BARBOSA, J. P. M. Utilização de métodos de interpolação para análise e espacialização de dados climáticos: o sig como ferramenta. **Revista Caminhos de Geografia**, v. 9, n. 17, p. 85-96, 2006.
- BEIJO, L. A.; MUNIZ, J.A.; CASTRO, N. P. Tempo de retorno das precipitações máximas em Lavras (MG) pela distribuição de valores extremos Tipo 1. **Revista Ciência e Agrotecnologia**. v. 29, n.3, p. 657-667, 2005.
- BEIJO, L. A.; MUNIZ, J. A.; VOLPE, C. A.; PEREIRA, G. T. Estudo da precipitação máxima em Jaboticabal (SP) pela distribuição de Gumbel utilizando dois métodos de estimação dos parâmetros. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 11, n. 1, p. 141-147, 2003.
- BOLSTAD, P. V.; SWANK, W. T. Cumulative impacts of landuse on water quality in a southern Appalachian watershed. **Journal of the American Water Resources Association**. v. 33, n. 3, 1997.
- BORGES, M. J.; PISSARA, T. C. T.; VALERI, S. V.; OKUMURA, E. M. Reflorestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo da bacia

hidrográfica Córrego Palmital, Jaboticabal, SP. **Revista Scientia Forestalis**, n. 69, p. 93-103, 2005.

BRANDÃO, R. S.; FISCH, G. F. A Zona de Convergência do Atlântico Sul e seus impactos nas enchentes em áreas de risco em Guaratinguetá-SP. **Revista Biociências**, v. 14, n. 2, p. 95-103, 2009.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução n. 303**, de 20 de março de 2002 – Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>>. Acesso em: 2 de fevereiro de 2011.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 2 de fevereiro de 2011.

BRITO, B. M. **Delimitação do início e fim das estações quente, fria e chuvosa no estado de São Paulo**. 2011. 145 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia)-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2011.

BUENO, L. F.; GALBIATTI, J. A.; BORGES, M. J. Monitoramento de variáveis de qualidade da água do Horto Ouro Verde - Conchal – SP. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 742-748. ISSN 0100-6916, 2005.

CAMARGO, E.; DRUCK, S.; CÂMARA, G. Análise de superfícies por geoestatística linear. In: DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. **Análise espacial de dados geográficos**. Brasília, EMBRAPA, 2004. Cap. 3, p. 13-37. (ISBN: 85-7383-260-6).

CARVALHO, J. R. P. de.; ASSAD, E.D. Análise espacial da precipitação pluviométrica no Estado de São Paulo: comparação de métodos de interpolação. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 377-384, 2005.

CARVALHO, T. M. Técnicas de medição de vazão por meios convencionais e não convencionais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 1, n. 1, p. 73-85, 2008.

CATELANI, C. S.; BATISTA, G. T.; PEREIRA, W. F. Adequação do uso da terra em função da legislação ambiental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11. (SBSR), 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. p. 559-566. CD-ROM. ISBN 85-17-00017-X. Disponível em: <<http://urlib.net/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.14.16.30.38>>. Acesso em: 02 de Janeiro de 2011.

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE). Figuras. São José dos Campos, 2011. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 10 de Agosto de 2011.

CLIMANÁLISE: Boletim de monitoramento e análise climática. **Edição Especial**. São José dos Campos, 1996. Disponível em:

<<http://climanalise.cptec.inpe.br/~reclimanl/boletim/>>. Edições de 1999 a 2010. Acesso em: 5 de julho de 2011.

CONSENTINO, P. Resumo da teoria, 875 problemas resolvidos, 619 problemas propostos. **Estatística**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977. p. 1-569.

COSTA, T. C. C.; SOUZA, M. G.; BRITES, R. S. Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente, por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8. (SBSR), 1996, Salvador. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1996. p. 121-128. CD-ROM. ISBN 85-17-00014-5. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/deise/1999/01.27.16.17>>. Acesso em: 03 de maio de 2011.

D'ALMEIDA, C.; VÖRÖSMARTY, C. J.; HURTT, G. C.; MARENGO, J. A.; DINGMANB, S. L.; AND KEIME, B. D. The effects of deforestation on the hydrological cycle in Amazonia: A review on scale and resolution. **International Journal Climatology**, v. 27, n. 5, p. 633–647, 2007.

DERECZYNSKI, C. P.; OLIVEIRA, J. S.; MACHADO, C.O. Climatologia da precipitação no município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 1, p. 24-38, 2009.

DUFEK, A. S., AMBRIZZI, T. Precipitation variability in São Paulo State, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 93, p. 167-178, 2008.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1998, p. 1-602.

FARIAS, M. S. S. **Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio cabelo**. 2006. 152 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, 2006.

FISCH, G.; Valério, M.C. Variabilidade intra e interanual da precipitação em Taubaté-SP associado aos eventos El Niño e La Niña. **Revista Biociências**, v. 11, n. 1-2, p. 19–29, 1995.

FORTI, M. C.; MELFI, A. J.; AMORIM, P. R. N. Hidroquímica das águas de drenagem de uma pequena bacia hidrográfica no nordeste da Amazônia (Estado do Amapá, Brasil): Efeitos da sazonalidade. **Geochimica Brasilienses**, v. 11, n. 3, p. 325-340, 1997.

GOLDEN SOFTWARE. **Surfer version 8** - surface mapping system. Golden: Golden Software, Inc., 2002.

GOLLA, A. R. **Meio ambiente e agricultura na microbacia hidrográfica do córrego Palmitizinho-Regente Feijó/São Paulo**. 2006. 90 p. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciência e tecnologia, 2006.

HARTMANN, D. L. **Global physical climatology**. San Diego: Academic Press, 1994. cap. 5, p.115-134.

HERSFIELD, D. M.; KOHLER, M. A. An empirical appraisal of the Gumbel extreme value procedure. **Journal of Geophysical Research**. v. 65, n. 6, p. 1737-1746, 1960.

INSTITUTO OIKOS DE AGROECOLOGIA. **Figuras**. Lorena-SP, ca. 2009.

KOUSKY, V. E. Frontal influences on Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**.v. 107, p. 1140-1153, 1979.

LIEBMANN, B.; JONES, C.; CARVALHO, L. M. V. Interannual variability of daily extreme precipitation events in the state of Sao Paulo, Brazil. **Journal of Climate**, v. 14, n. 2, p. 208–218, 2001.

LIMA, K. C.; SATYAMURTY, P.; FERNÁNDEZ, J. P. R. Large-scale atmospheric conditions associated with heavy rainfall episodes in southeast Brasil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 101, n. 1-2, p. 121-135, 2010.

LORENZETTI, L.; SILVA, J.M.; D'OLIVEIRA, P.S. Viabilidade econômica da bovinocultura de corte em pastejo rotacionado ou extensivo. **Revista Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 1, n. 1, p. 45-54, 2008.

LUERCE, T. D.; OLIVEIRA, G. G.; GUASSELLI, L. A. Análise da distribuição espacial e temporal das chuvas aplicada ao estudo de cheias na bacia hidrográfica do rio dos Sinos/RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 5410-5417. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00056-0 (Internet), 978-85-17-00057-7 (DVD). Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFQRTRW/3A639PL>>. Acesso em: 5 de setembro de 2011.

MAIER, M.H. Ecologia da bacia do rio Jacaré-Pepira (47°55'-48°55'W; 22°30'-21°55'S Brasil) Qualidade do rio principal. **Ciência e cultura**, v. 39, n. 2, p. 164-185, 1987.

MANARA, A. L.G.; CLEMENTE, A. R. Qualidade d'água de microbacia urbana, córrego Lavapés na cidade de Mogi Mirim-SP. **Revista Scientia Plena**, v. 7, n. 8, p. 1-15, 2011.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M. Tendências hidrológicas da bacia do rio Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n. 2, p. 215-226, 2005.

MEDEIROS, G. A.; ARCHANJO, P.; SIMIONATO, R.; REIS, F. A. G.V. Diagnóstico da qualidade da água na microbacia do córrego Recanto, em Americana no Estado de São Paulo. **Revista Geociências**, v. 28, n. 2, p. 181-191, 2011.

MEHL, H.U.; ELTZ, F.L.F.; REICHERT, J.M.; DIDONÈ, I.A. Caracterização de padrões de chuvas ocorrentes em Santa Maria (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 25, p. 475-483, 2001.

MELLO, C.R.; LIMA, J.M.; SILVA, A.M.; MELLO, J.M.; OLIVEIRA, M.S. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 27, p. 925-933, 2003.

MERTEN, G & MINELLA, J. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, n. 3, v. 4, p. 33-38, 2002.

MOSLEY, M. P.; MCKERCHAR, A. L. Streamflow. GEORGIU, E. F.; VOGEL, R. M.; STEDINGER, J.R. Frequency analysis of extreme events. In: MAIDMENT, D. R. (ed) **Handbook of hydrology**. New York: McGraw-Hill, 1993. cap. 8 e 18.

NEARY, D. G.; ICE, G. G.; JACKSON, C. R. Linkages between forest soils and water quality and quantity. **Journal Forest Ecology and Management**, v. 258, n. 10, p. 2269-2281.

NEGRI, A.J.; ADLER, R.F.; XU, L.; SURRATT, J. The impact of Amazonian deforestation on dry season rainfall. **Journal of Climate**, v. 17, p. 1306 – 1319, 2004.

NOGUES-PAEGLE, J.; MO, K. C. Alternating wet and dry conditions over South America during summer. **Monthly Weather Review**, v. 125, p. 279–291, 1997.

NUNES, L. H.; VICENTE, A. K.; CANDIDO, D. H. Clima da região sudeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; JUSTI DA, M. G. A.; SILVA DIAS, M. A. F. **Tempo e clima**. São Paulo: Oficina de textos, 2009. Cap. 16, p. 243-256.

QUEIROZ, M. M. F.; IOST, C.; GOMES, S. D.; BOAS, M. A. V. Influência do uso do solo na qualidade da água em uma microbacia hidrográfica rural. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**. v. 5, n. 4, p. 200-210, 2010.

PRIMAVESI, O.; FREITAS, A. R.; OLIVEIRA, H. T.; PRIMAVESI, A. C. P. A. A qualidade da água na microbacia hidrográfica do ribeirão Canchim, São Carlos, SP, ocupada por atividade pecuária. **Acta Limnológica Brasiliensia**. v. 12, p. 95-111, 2000.

RAMOS, A. M.; SANTOS, L. A. R.; FORTES, L. T. G. Normais climatológicas do Brasil 1961-1990. DF:INMET, 2009. p. 465.

SANCHES, M. B. **Análise sinótica da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) utilizando-se a técnica de composição**. 2002. 95p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2002.

SANSIGOLO, C.A. Distribuições de extremos de precipitação diária, temperatura máxima e mínima e velocidade do vento em Piracicaba, SP (1917-2006). **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v.23, n.3, p.341-346, 2008.

SANTANA, D.P. **Manejo integrado de bacias hidrográficas**. Sete lagoas: EMBRAPA, p. 1-63, 3003.

SANTOS, C. **Estatística descritiva** – Manual de auto-aprendizagem. 1.ed. Lisboa: Edições Silabo, 2007. 264p.

SANTOS, G. V.; Dias, H. C. T.; Silva, A. P. S.; Macedo, M. N. C. Análise hidrológica e sócioambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Romão dos Reis, Viçosa – MG. **Revista Árvore**, v. 31, n. 5, p. 931-940, 2007.

SATYAMURTY, P.; NOBRE, C. A.; SILVA DIAS, P. L. Tropics: South America. meteorology of the Southern Hemisphere. **American Meteorological Society**, v. 40, p.119-139, 1998.

SILVA, A. P. S.; DIAS, H. C. T.; BASTOS, R. K. X.; SILVA, E. Qualidade da água do Reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.33, n.6, p.1063-1069, 2009. ISSN 0100-6762.

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A. V. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Advances in Space Research**, v. 38, n. 4, p. 733-742, out-dez 2008. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2009/04.23.13.25>>. Acesso em: 29 de setembro de 2011.

SOUZA, E. B. **GrADS** – fundamentos e programação básica, 2004. Curso de Extensão. (DM-CG-UFPa).

SOUZA, H. M. L.; NUNES, J. R. S. Avaliação dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos do córrego Figueira pertencente à microbacia do Queima-Pé de Tamgará da Serra/MT. **Revista Engenharia Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 110-124, 2008.

STATIC.INFOESCOLA. **O ciclo da água (precipitação, infiltração, evapotranspiração, escoamento superficial e subterrâneo)**. Disponível em: <http://static.infoescola.com/wp-content/uploads/2009/08/ciclo-da-agua.jpg>. Acesso em: 5 de dezembro de 2010.

SUGAHARA, S.; SILVEIRA, R. B. da.; ROCHA, R. P. Estimativa da probabilidade do evento extremo de precipitação de janeiro de 2000 no Vale do Paraíba, baseada na distribuição generalizada de pareto. **Revista Brasileira de Geofísica**, vol. 28, n. 2, p. 193-208, 2010. ISSN 0102-261X.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 1, p. 135–152, 1997.

TUNDISI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Revista Ciência e Cultura**, v. 55, n. 4, p. 31-33, 2003. ISSN 0009-6725.

VAREJÃO-SILVA, M.A. **Meteorologia geral I**. Campina Grande: Editora universitária, 2005. p. 1-449.

VIANELLO L. R.; ALVES A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Editora UFV, 1991. p. 1-446.

VASCONCELLOS, F. C. **Variabilidade atmosférica associada a casos extremos de precipitação na Região Sudeste do Brasil**. 2008. 110 p. (INPE-15226-TDI/1318).

Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2008. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2008/01.15.16.05>>. Acesso em: 23 de janeiro de 2011.

VON SPERLING, M. Análise dos padrões brasileiros de qualidade de corpos d'água e de lançamentos de efluentes líquidos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 3, n. 1, p. 111-132, 1998.

WANG, X. Integrating water-quality management and land-use planning in a watershed context. **Journal of Environmental Management**, v. 61, n. 1, p. 25-36, 2001.

WILKEN, P. S.; TANAKA, T. Análise de frequência dos eventos hidrológicos. In: IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 1981, Universidade de Mogi das Cruzes-São Paulo-SP. **Anais...**1981. p. 26-31.



## APÊNDICE A

Para a realização das diferentes ações de recuperação que visam à melhoria do meio, foram realizadas visitas aos proprietários rurais da região. Na Tabela A1 abaixo é apresentado o questionário que foi utilizado nas entrevistas com os moradores e proprietários das terras na microbacia do Ribeirão dos Macacos. Nessa modalidade de entrevista, utilizou-se um roteiro que constou de questões concernentes aos dados pessoais dos proprietários ou moradores, saneamento básico e uso e ocupação do solo na microbacia.

Tabela A1- Modelo do questionário aplicado aos moradores da microbacia do Ribeirão dos macacos.

<b>Dados pessoais</b>				
Nome:				
Endereço:				
Telefone:				
<b>Dados da propriedade</b>				
Nome:				
Endereço:				
Propriedade:	Própria ( )	Arrendada ( )	Cedida ( )	Outros ( )
Área:				
Nº de casas	Habitada ( )	Desabitada ( )		
Cronfrontantes				
Principal Atividade econômica				
Outras Atividades				
<b>Saneamento Básico</b>				
Uso da água	Doméstico ( )	Produção Agrícola ( )	Trato do gado ( )	Outros ( )
Captação	Rede-Sabesp ( )	Água da chuva ( )	Ribeirão, rio ( )	Nascente ( )
	Rede comunitária ( )	Não tem ( )	Poço ( )	Outros ( )
Esgoto:				
Esgoto da propriedade vai:	Rede pública ( )	Fossa séptica ( )	Sumidouro ( )	Valão ( )
	Ribeirão, rio ( )	Outros ( )		
Lixo:	Doméstico ( )	Produção ( )		
Coleta:	Lata de lixo ( )	Saco plástico ( )	Outros ( )	
Destino:	Enterado ( )	Queimado ( )	Ribeirão, rio ( )	Outros ( )
	Gari (recolhido) ( )			
<b>Uso e ocupação</b>				
Sistema convencional de preparo do solo:				
Uso de adubos químicos e agroquímicos:	Sim ( )	Não ( )	Frequencia ( )	
Observações:	Entrevistador ( )	Entrevistado ( )	Data:	



## APÊNDICE B

Para obtenção dos Sistemas Frontais que atingiram a região (localizada no sudeste brasileiro) durante o período de 1999-2010, foram utilizados dados do Boletim Climanálise-CPTEC (Figura B1) como segue abaixo. Foram verificados, os casos que ocorreram no litoral de São Paulo (Ubatuba), próximo a região de estudo.

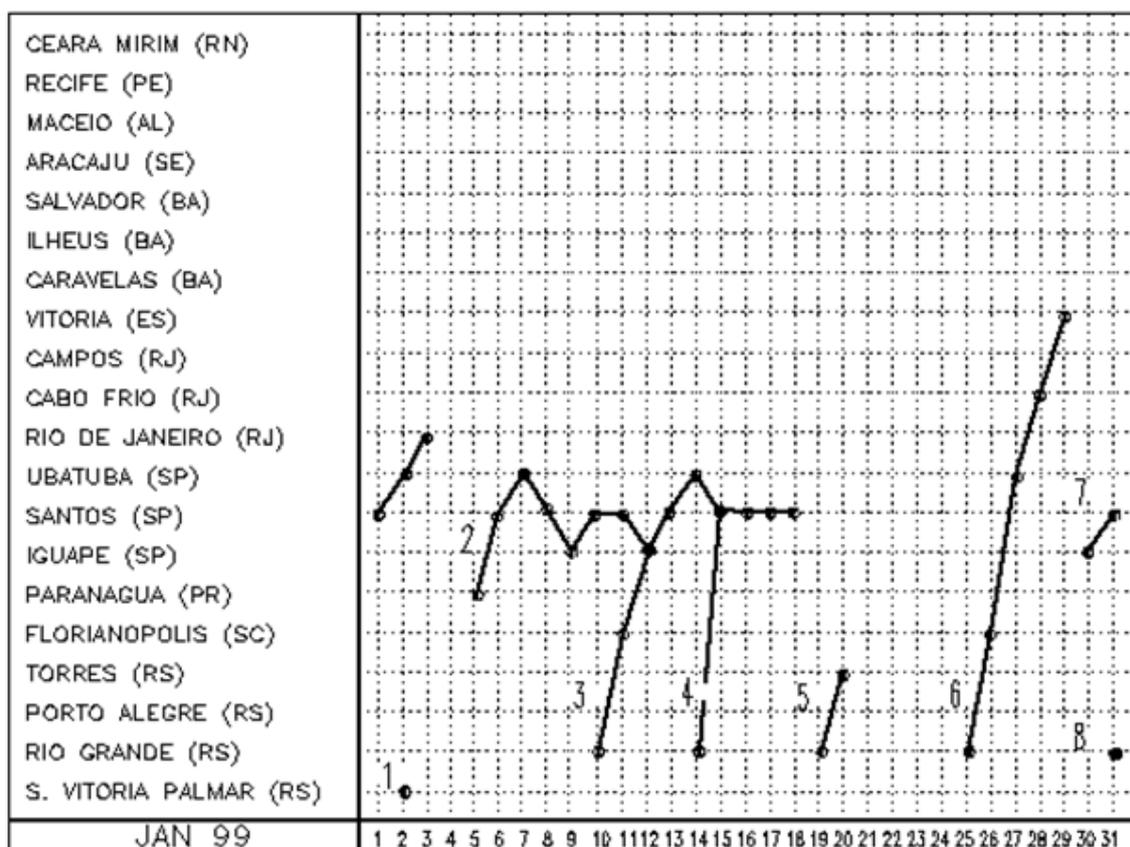


Figura B1- Casos de Sistemas Frontais no litoral.

Fonte: Boletim Climanálise.

Para verificação da atuação da ZCAS na região de estudo são utilizadas também as edições do Boletim Climanálise-CPTEC. Pode-se verificar na Figura B2 (a e b) um caso de ZCAS entre os dias 20 a 24 de janeiro de 2009. Na Figura B2 (a) verifica-se a região de estudo sob a influência da ZCAS e na Figura B2 (b) a precipitação associada a este fato.

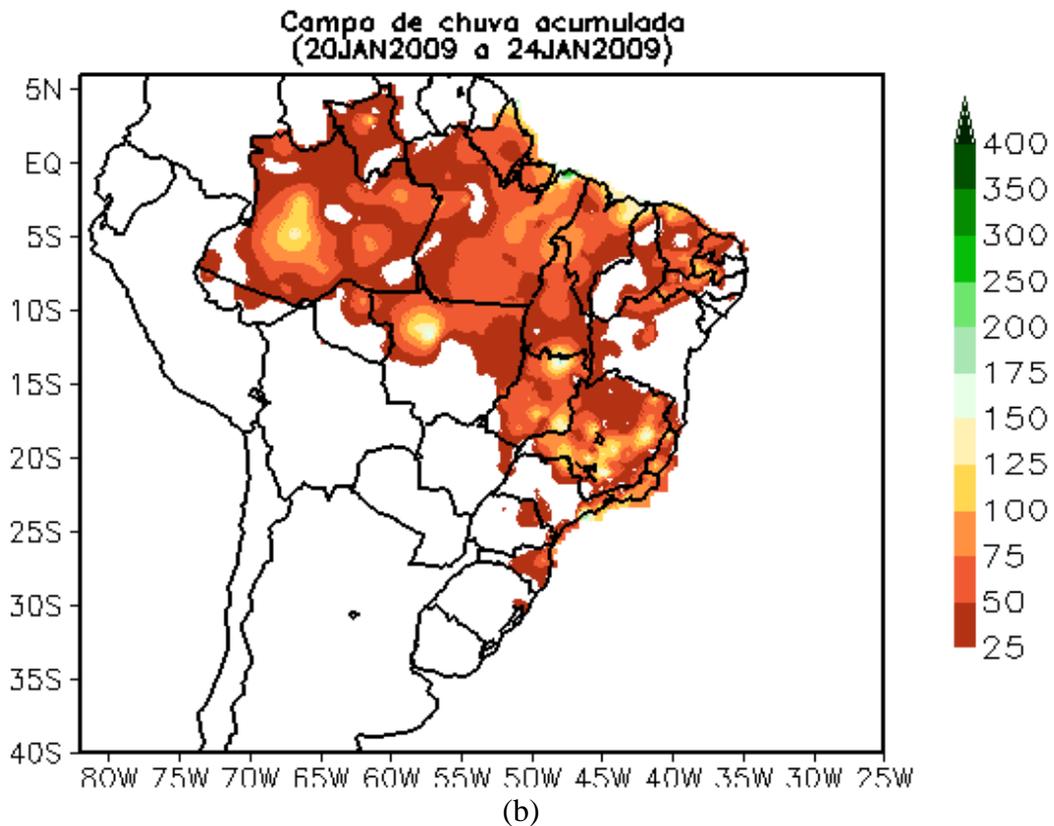
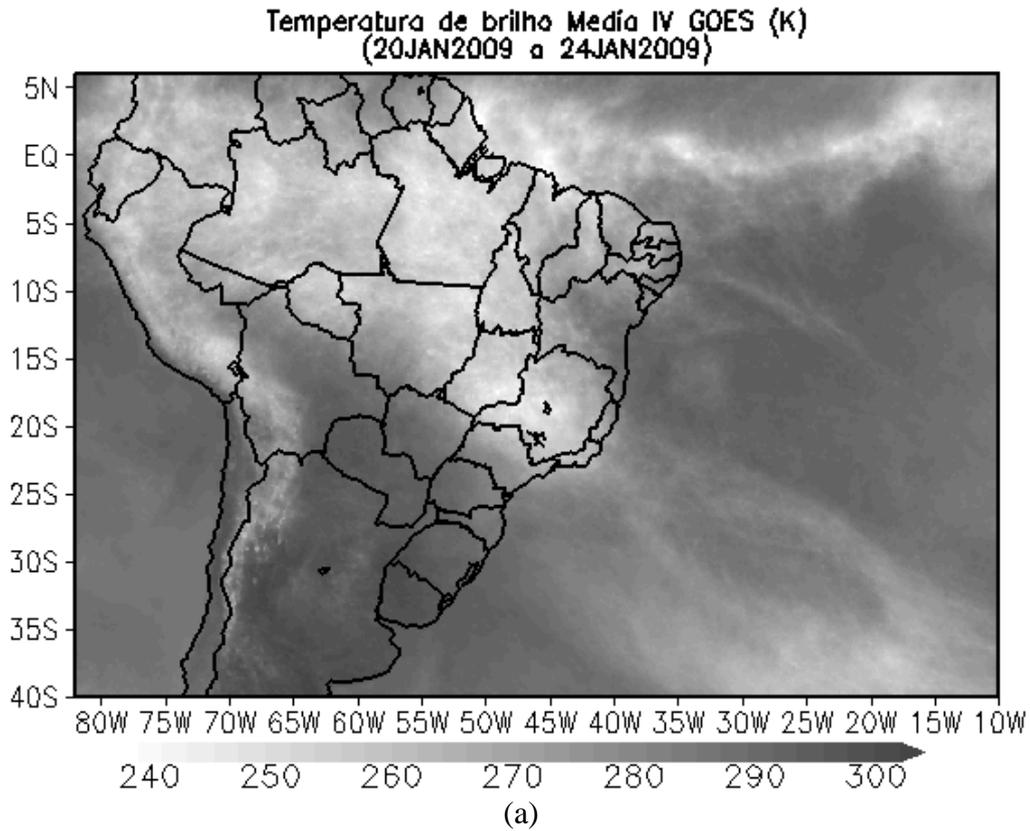


Figura B2- Atuação da ZCAS no período de 20 a 24 de janeiro de 2009. Em (a) temperatura de brilho médio do satélite GOES, em (b) campo de chuva acumulada.

## APÊNDICE C

Neste estudo foram gerados mapas de distribuição da precipitação (interpolação-Krigagem) para se obter os valores mensais e diários de precipitação na microbacia. Por meio do pluviômetro local (localizado na sede do Instituto Oikos de Agroecologia) foi possível comparar os valores interpolados de precipitação (PCD's do Vale do Paraíba) com valores observados de precipitação em uma mesma localidade. A Figura C1 evidencia a precipitação total interpolada na região para o mês de julho de 2010.

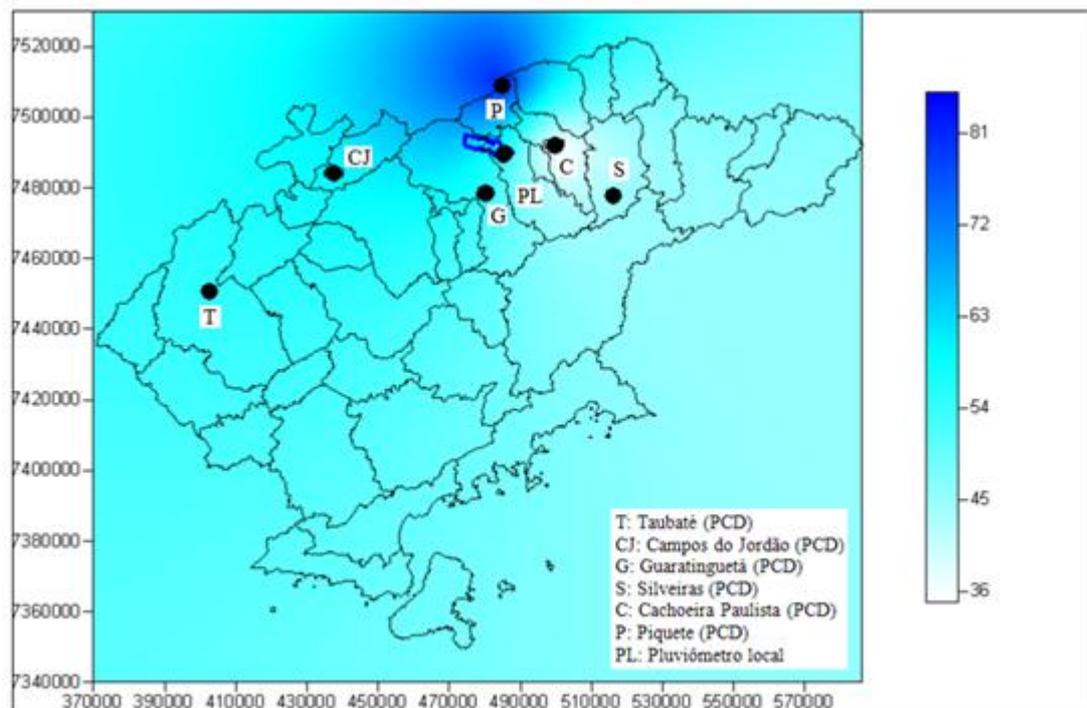


Figura C1- Precipitação total (mm) do mês de julho/2010, interpolada por meio dos dados das PCD's localizadas no Vale do Paraíba (Cachoeira Paulista, Campos do Jordão, Guaratinguetá, Piquete, Silveiras e Taubaté).



## APÊNDICE D

Na Figura D1 (a, b, c, d e e) se encontram as fotos dos pontos onde foram feitas as medições de qualidade e quantidade da água (vazão) na microbacia do Ribeirão dos Macacos. No caso das medidas de vazão como se pode observar na Figura D1 (b), o ponto  $P_2$  se trata de um lago, assim não foram feitas medidas neste ponto.



(a)



(b)



(c)

Figura D1- Pontos do monitoramento de qualidade e quantidade de água ( $P_1$  (a),  $P_2$  (b),  $P_3$  (c),  $P_4$  (d) e  $P_5$  (e)).

(Continua)



(d)



(e)

Figura D1- Conclusão

Nas medições de vazão nos pontos P<sub>1</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> e P<sub>5</sub> obtiveram-se primeiro a área da seção (m<sup>2</sup>), a velocidade da água (m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>) e uma cota fixa (m), e assim foi possível determinar a “equação da curva chave” em cada ponto. Na Tabela D1 (a, b, c e d) se encontram os dados obtidos durante o ano de 2011 em período seco e úmido na microbacia do Ribeirão dos Macacos nos diferentes pontos estudados.

Tabela D1- Dados obtidos do monitoramento da quantidade de água no ponto-P<sub>1</sub> (a).

Data	Área da seção (m <sup>2</sup> )	Velocidade m s <sup>-1</sup>	Vazão (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Cota (m)
30/3/11	2,03	0,73	1,47	0,49
14/4/11	1,18	0,70	0,83	0,40
3/5/11	0,82	0,91	0,75	0,40
19/5/11	0,72	0,73	0,53	0,38
10/6/11	0,77	0,80	0,62	0,38
16/6/11	0,72	0,73	0,52	0,35
12/7/11	0,50	0,89	0,44	0,31
26/7/11	0,47	0,77	0,36	0,28
19/8/11	0,39	0,80	0,31	0,26
30/8/11	0,52	0,73	0,37	0,28
9/9/11	0,50	0,77	0,38	0,32
30/9/11	0,42	0,76	0,32	0,28
25/10/11	0,36	0,90	0,32	0,28

Tabela D1- Dados obtidos do monitoramento da quantidade de água no ponto-P<sub>3</sub> (b).

<b>Data</b>	<b>Área da seção (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Velocidade m s<sup>-1</sup></b>	<b>Vazão (m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Cota (m)</b>
30/03/11	6,36	0,35	2,23	1,41
14/04/11	5,08	0,30	1,50	1,32
03/05/11	4,52	0,32	1,44	1,10
19/05/11	3,89	0,25	0,99	1,02
10/06/11	3,69	0,34	1,26	0,92
16/06/11	2,97	0,35	1,04	0,70
05/07/11	2,21	0,38	0,84	0,50
12/07/11	2,53	0,48	1,22	0,65
26/07/11	1,46	0,55	0,80	0,47
19/08/11	1,45	0,64	0,93	0,48
30/08/11	1,40	0,56	0,78	0,45
09/09/11	1,28	0,68	0,86	0,38
30/9/11	1,31	0,38	0,50	0,40
25/10/11	1,49	0,51	0,76	0,50

Tabela D1- Dados obtidos do monitoramento da quantidade de água no ponto-P<sub>4</sub> (c).

<b>Data</b>	<b>Área da seção (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Velocidade m s<sup>-1</sup></b>	<b>Vazão (m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Cota (m)</b>
30/03/11	1,80	0,71	1,28	1,14
14/04/11	1,77	0,55	0,97	1,00
03/05/11	1,26	0,62	0,78	0,70
19/05/11	0,94	0,88	0,83	0,70
10/06/11	1,05	0,63	0,66	0,80
16/06/11	0,72	0,77	0,56	0,58
05/07/11	0,46	1,12	0,51	0,35
12/07/11	0,45	1,20	0,54	0,30
26/07/11	0,30	1,25	0,37	0,31
19/08/11	0,40	1,38	0,55	0,28
30/08/11	0,28	1,15	0,32	0,25
09/09/11	0,26	1,16	0,31	0,22
30/9/11	0,25	1,08	0,27	0,22
25/10/11	0,39	0,96	0,38	0,32

Tabela D1- Dados obtidos do monitoramento da quantidade de água no ponto-P<sub>5</sub> (d).

<b>Data</b>	<b>Área da seção (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Velocidade m s<sup>-1</sup></b>	<b>Vazão (m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Cota (m)</b>
30/03/11	1,28	1,04	1,37	0,55
14/04/11	1,23	1,29	1,59	0,55
03/05/11	0,96	0,95	0,91	0,45
19/05/11	0,84	0,78	0,66	0,45
10/06/11	1,04	1,05	1,09	0,45
16/06/11	0,90	0,69	0,62	0,40
05/07/11	0,71	0,84	0,60	0,42
12/07/11	0,66	1,00	0,66	0,40
26/07/11	0,75	0,84	0,64	0,37
19/08/11	0,50	0,57	0,29	0,28
30/08/11	0,36	0,81	0,30	0,35
09/09/11	0,31	0,77	0,24	0,32
30/9/11	0,32	0,59	0,19	0,30
25/10/11	0,36	0,89	0,32	0,32