

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**ESTUDOS HIDROLÓGICOS EM MICROBACIAS COM
DIFERENTES USOS DO SOLO NA SUB-BACIA DO
ALTO NATUBA-PE**

FELIPE ALCÂNTARA DE ALBUQUERQUE

ORIENTADOR: Ricardo Augusto Pessoa Braga
Co-ORIENTADOR: Paulo Frassinete de Araujo Filho

Dissertação de Mestrado

Recife, 2010

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA
AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS**

ESTUDOS HIDROLÓGICOS EM MICROBACIAS COM DIFERENTES USOS DO SOLO NA SUB-BACIA DO ALTO NATUBA-PE

FELIPE ALCÂNTARA DE ALBUQUERQUE

**Orientador: Prof. Dr. Ricardo Augusto Pessoa Braga
Co-Orientador: Prof. Dr. Paulo Frassinete de Araujo Filho**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, área de concentração Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre, defendida no dia 22 de dezembro de 2010.

Recife, 2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

FELIPE ALCÂNTARA DE ALBUQUERQUE

Dissertação de Mestrado

22 de Dezembro de 2010

Ricardo Augusto Pessoa Braga (Orientador)

Abelardo Antônio de Assunção Montenegro (Externo)

Paulo Tadeu Ribeiro de Gusmão (Interno)

Paulo Frassinete de Araujo Filho (Interno)

Vicente de Paula Silva (Suplente Externo)

Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral (Suplente Interno)

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha família que perseverou sobre a própria existência no tempo, sobrevivendo à incansável perseguição ao povo Judeu. Aqui chegamos sem nada e com muito trabalho somos donos de nosso próprio chão e destino, construindo um futuro para todos e não só alguns.

‘A fragilidade perante estarmos expostos a vários outros eventos nos recorda que também fazemos parte do meio natural e dele dependemos e correspondemos’

Agradecimentos

Todos nós sempre questionamos em algum momento da vida o porquê das coisas acontecerem como acontecem e quais os significados que elas trazem para nós. Quem somos, é uma prerrogativa ligada intimamente ao ambiente que nos cerca, mas talvez dependa mais ainda das nossas escolhas.

A vida segue altos e baixos com inúmeros obstáculos. Às vezes são pedras pequenas, mas a maioria das pessoas tem que lidar com pedras gigantes no caminho. E qual a solução? Seguir em frente trabalhando muito como se tudo dependesse disso. Por isso que nós, como seres humanos, somos realizadores do nosso destino, ainda que exista um limite para cada ser. Isso me leva ao ponto de partida, onde lembro de que a primeira pessoa a ser agradecida é D'us.

Sem esquecer o detalhe mais importante de todos, é preciso saber e conceber a importância das pessoas, como minha avó mesma sempre diz: Homem algum é uma ilha. As pessoas que escolhemos para serem nossos amigos são a base de quem somos realmente, dividindo o nosso ser, em duas partes distintas: quem somos a partir da família e quem somos a partir da sociedade.

Então agradeço a minha família por me ensinar a viver de forma honesta e digna, respeitando seja quem for e de que classe social for. Obrigado pela educação moral, social e pelo carinho.

Agradeço aos meus amigos os quais estiveram incondicionalmente me apoiando nos momentos tensos e me dando força para continuar a trilhar o caminho certo. Agradeço aos mais próximos, Caius, André, Fernando, Igor e a todos os outros de igual importância.

Obrigado aos amigos do GRH, PRODEMA e LSA que estiveram em suporte à minha pessoa, contribuindo com sabedoria e amizade. Agradeço a Albert, Leidjane, Dayana, Pedro, Anderson, Osvalcéllo, Laércio, Lopes, Kildare, Janaina, Valquíria, Fernanda, Graciele, Glauber, Freire, Sara, Manuela, Cristiane, Tiago, Jéssica, Milena, Marcelo Aquino, Doutor Coelho, Larissa, Prof. Paulo Tadeu e Ronaldo.

Agradeço aos meus grandes professores formadores, Prof. Jaime Cabral, Prof^a Suzana Montenegro, Prof. Roberto Azevedo, Prof. Alfredo Ribeiro, Prof. Ricardo Braga e Prof. Paulo Frassinete.

Especialmente aos meus orientadores e amigos Ricardo Braga e Paulo Frassinete, que me ensinaram, participaram e formaram junto a mim, uma equipe perseverante para conclusão deste trabalho.

Ao Cnpq pela concessão da bolsa de mestrado. A Sociedade Nordestina de Ecologia (SNE) por me incluir no projeto, Nascentes do Natuba, financiado pelo Fundo Nacional do Meio Ambiente - FNMA e por proporcionar toda a logística possível para a realização do trabalho. Obrigado aos amigos da SNE, Raquel, Marcelo, Leonardo, Josenaldo, Ana Gama, Leandro, Ari, Carlos Eduardo e Caca.

Resumo

ESTUDOS HIDROLÓGICOS EM MICROBACIAS COM DIFERENTES USOS DO SOLO NA SUB-BACIA DO ALTO NATUBA-PE

Resumo: A qualidade e quantidade da água de uma microbacia podem ser influenciadas pelo clima, a cobertura vegetal, a topografia, a geologia, o tipo e o uso do solo na bacia hidrográfica. O objetivo deste estudo foi conhecer o comportamento hidrológico de microbacias em condições diferenciadas de uso do solo, na Zona da Mata de Pernambuco, relacionando estes diferentes tipos de uso do solo em resposta à vazão da microbacia durante os eventos de chuva, e, como esse processo interfere nos padrões de qualidade da água. Foram estabelecidas 3 microbacias experimentais: Natuba 1 de uso e cobertura naturais, Natuba 2 de uso e cobertura mista e Natuba 3 de uso e cobertura antropizada. Foram realizados estudos fisiográficos das microbacias, o levantamento das espécies e estudo de DAP, monitoramento da qualidade da água e estudo de Chuva-Vazão através dos equipamentos de medição hidrometeorológicos. A precipitação observada no período chuvoso superou os valores médios históricos dos postos de monitoramento vizinhos, sendo junho o mês responsável por 34,67% de toda precipitação prevista até o fim de 2010. Tendo como base a resolução CONAMA 357/2005 os parâmetros de qualidade pH, Turbidez, Nitrato, Sólidos totais e coliformes apresentaram condição de Classe Especial nas 3 microbacias. Isso demonstra que esta sub-bacia do rio Natuba não apresenta forte incidência de poluentes. O estudo da vazão específica mostrou que em Natuba 3 observaram-se os maiores valores de vazão em litros por segundo em unidades de Km² comparando-se às outras microbacias. A partir dos principais eventos de precipitação foi possível se observar que ocorreu uma atenuação dos picos de vazão diretamente proporcional a complexidade vegetacional. Assim como, foi possível observar que áreas com maior cobertura natural ajudaram a regularizar a vazão de forma mais eficiente. Dessa forma fica visível a prestação do serviço ambiental hidrológico por parte da cobertura vegetal, sendo assim, necessário que em áreas prioritárias de produção agrícola haja a máxima conservação florestal, objetivando a preservação do recurso hídrico.

Palavras Chaves: Uso do Solo, Vazão, Qualidade da Água, Serviços Ambientais.

Abstract

Abstract: The quality and quantity of water from a watershed may be influenced by the climate, vegetation, topography, geology, type and land use in the watershed. The aim of this study was the hydrology of catchments in different conditions of land use in the Forest Zone of Pernambuco, relating these different types of land use in response to the streamflow of the watershed during rain events, and as this process interferes with the standards of water quality. Three experimental watersheds were established: Natuba 1 natural use and cover, Natuba 2 mixed use and land cover and Natuba 3 disturbed use and cover. Physiographic studies were conducted of the watersheds, a survey of species and study of DAP, monitoring of water quality and study of rain-streamflow through the meteorological measurement equipment. The observed precipitation in the rainy season exceeded the historical average of neighboring monitoring stations, and in June the month accounted for 34.67% of all precipitation expected by the end of 2010. Based on the Resolution CONAMA 357/2005 quality parameters pH, turbidity, nitrate, coliform and total solids present condition of the Special Class on the three watersheds. This demonstrates that this sub-basin of the river Natuba not show strong impact of pollutants. The study showed that the specific streamflow in Natuba 3 we observed the highest flow values in liters per second units km^2 compared to other watersheds. From the main precipitation events could be observed that there was an attenuation of peak flows directly proportional to vegetation complexity. Like, it was observed that areas with higher natural cover helped regularize the flow more efficiently. Thus visible environmental service provision by the hydrological vegetation, therefore, necessary that in the priority areas of agricultural production there is the greatest forest conservation in the preservation of water resources.

Key words: Land use, Streamflow, Quality water monitoring, Environmental Service.

Sumário

RESUMO	7
ABSTRACT	8
SUMARIO.....	9
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE QUADROS.....	15
LISTA DE TABELAS.....	16
LISTA DE APÊNDICES	17
1- INTRODUÇÃO	18
1.1-CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO	18
1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	23
2- REVISÃO TEMÁTICA.....	24
2.1- A BACIA HIDROGRÁFICA	24
2.2- O CICLO HIDROLÓGICO E O BALANÇO HÍDRICO.....	26
2.3- ESCOAMENTO SUPERFICIAL	28
2.4- URBANIZAÇÃO E ESCOAMENTO SUPERFICIAL	29
2.5- INFLUÊNCIA DA COBERTURA VEGETAL.....	31
2.6- GEOPROCESSAMENTO: SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA.....	32
2.8- ESTRUTURAS DE MONITORAMENTO HIDRÁULICO (VERTEDOUROS E BUEIROS)	33
2.8- MODELAGEM.....	34
2.9- QUALIDADE DA ÁGUA.....	35
2.10- VARIÁVEIS DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	37
2.10.1- Potencial Hidrogeniônico (pH)	37
2.10.2- Temperatura	37
2.10.3- Turbidez:.....	37
2.10.4- Sólidos Totais	38
2.10.5- Oxigênio Dissolvido	39
2.10.6- Condutividade Elétrica	39
2.10.7- Nitrogênio.....	40
2.10.8- Fósforo	41
2.10.9- Coliformes totais.....	41
2.10.10- Coliformes fecais	42
2.11- INSTRUMENTOS DE GESTÃO EM RECURSOS HÍDRICOS.....	42
3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
3.1 - ÁREA ESTUDADA.....	44
3.2 - ESTUDO FÍSIOGRÁFICO DAS MICROBACIAS	51
3.2.1 - Forma da microbacia	52
3.2.2 - Índice de compactidade (Kc)	53
3.2.3 - Declividade da microbacia.....	53
3.2.4 - Curva Hipsométrica	53
3.2.5 - Elevação média da bacia.....	54
3.2.6 - Densidade de Drenagem.....	54
3.3 – ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DA COBERTURA DO SOLO.....	55
3.4 - ESTUDO DO COMPORTAMENTO PLUVIOMÉTRICO	58
3.5 - ESTUDO DO COMPORTAMENTO FLUVIOMÉTRICO	59
3.6 - EQUIPAMENTOS DE MONITORAMENTO HIDROMETEOROLÓGICO	68
3.7 - QUALIDADE DAS ÁGUAS	76
4 - RESULTADOS.....	79

4.1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS MICROBACIAS	79
4.1.2 – Alto Natuba	79
4.1.3 – Microbacia do Natuba 1	80
4.1.4 – Microbacia do Natuba 2	80
4.1.5 – Microbacia do Natuba 3	81
4.2 – USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL	82
4.2.1 – Microbacia Natuba 1	82
4.2.2 – Microbacia Natuba 2	84
4.2.3 – Microbacia Natuba 3	86
4.3 - QUALIDADE DA ÁGUA.....	89
4.3.1 – MICROBACIA NATUBA 1	89
4.3.2 – MICROBACIA NATUBA 2	96
4.3.3 – MICROBACIA NATUBA 3	103
4.4 - FATORES COMPARATIVOS E RELEVANTES ÀS TRÊS MICROBACIAS	111
4.5 – ANÁLISE DE CONFORMIDADE	116
4.6 – ANÁLISE DE CONDIÇÃO	118
4.7 – ANÁLISE DE DEPENDÊNCIA.....	122
5 – QUANTIDADE DA ÁGUA	124
5.1 – CHUVAS	124
5.2 – VAZÃO.....	134
5.2.1 – Microbacia Natuba 1	134
5.2.2 – Microbacia Natuba 2	136
5.2.3 – Microbacia Natuba 3	140
5.3 – ESTUDO COMPARATIVO DO COMPORTAMENTO DA VAZÃO DECORRENTE DOS EVENTOS CHUVOSOS SOBRE AS MICROBACIAS EXPERIMENTAIS	144
5.3.1 - Evento 27/06/10 a 30/07/10.....	144
5.3.2 - Evento 12/07/10 a 14/07/10.....	145
5.3.3 - Evento 06/08/10 a 10/08/10.....	146
5.3.4 - Evento 20/08/10 a 24/08/10.....	147
5.3.5 - Evento 13/09/10 a 15/09/10.....	148
5.4 – VAZÃO ESPECÍFICA MENSAL	149
6 – DISCUSSÃO	151
6.1 - QUALIDADE DA ÁGUA.....	151
6.1.1 - TEMPERATURA	152
6.1.2 – pH.....	153
6.1.3 – TURBIDEZ	154
6.1.4 – OXIGÊNIO DISSOLVIDO	154
6.1.5 – CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	155
6.1.6 – FOSFATO	156
6.1.7 – NITRATO	157
6.1.8 – SÓLIDOS TOTAIS	157
6.1.9 – COLIFORMES TERMOTOLERANTES	158
6.2 - QUANTIDADE DA ÁGUA.....	159
6.2.1 – COMPORTAMENTO PLUVIOMÉTRICO	159
6.2.2 – COMPORTAMENTO PLUVIOMÉTRICO	160
7 – SERVIÇOS AMBIENTAIS GERADOS	162
8 – CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES FINAIS	164
REFERÊNCIAS	166
APÊNDICES.....	176

Lista de Figuras

FIGURA 1 PRINCIPAIS SUB-BACIAS DO RIO TAPACURÁ, DANDO ÊNFASE, DENTRE OS 13 AFLUENTES, À SUB-BACIA DO RIO NATUBA NA MARGEM DIREITA.	46
FIGURA 2 ILUSTRAÇÃO DO POSICIONAMENTO DO RIO NATUBA NA PERSPECTIVA DOS MUNICÍPIOS DE POMBOS E VITÓRIA DE SANTO ANTÃO	47
FIGURA 3 LOCALIZAÇÃO DO ASSENTAMENTO CHICO MENDES (RONDA) EM RELAÇÃO AOS OUTROS ASSENTAMENTOS DA REGIÃO.	49
FIGURA 4 PLANTA DO ASSENTAMENTO CHICO MENDES, TAMBÉM CONHECIDO COMO RONDA, PODENDO SER OBSERVADA A ÁREA DE RESERVA LEGAL CONHECIDA COMO, MATA DE RONDA (FONTE: SNE).....	50
FIGURA 5 METODOLOGIA DE MEDIÇÃO DO DAP EM FUNÇÃO DA FORMA E DEFEITOS DAS ÁRVORES.	57
FIGURA 6 ILUSTRAÇÃO DO MÉTODO DA SUPERPOSIÇÃO DE ÂNGULOS IGUAIS.....	57
FIGURA 7 PLUVIÔMETRO DE BÁSCULA DA SQUITTER DO BRASIL (A) EM CONEXÃO COM A PCD NATUBA ONDE FICA INSTALADO O DATA LOGGER MEMORY (B), AMBOS INSTALADOS NA MICROBACIA NATUBA 2.	58
FIGURA 8 DISTRIBUIÇÃO DAS MICROBACIAS EXPERIMENTAIS UTILIZADAS PARA O MONITORAMENTO HIDROLÓGICO REALIZADO NESTE TRABALHO, SENDO TODAS AS ÁREAS LOCALIZADAS NA SUB-BACIA DO ALTO NATUBA.	59
FIGURA 9 MICROBACIAS EXPERIMENTAIS DO ALTO NATUBA, EVIDENCIANDO SUAS APTIDÕES ESPACIAIS DO USO DO SOLO. A MICROBACIA NATUBA 1 (A) POSSUI USO PREDOMINANTEMENTE NATURAL, ENQUANTO A MICROBACIA NATUBA 2 (B) POSSUI USO MISTO E A MICROBACIA NATUBA 3 (C) USO ESTRITAMENTE ANTRÓPICO.	61
FIGURA 10 SEQUÊNCIA DE INSTALAÇÃO ATÉ O FUNCIONAMENTO DE UM VERTEDOURO PORTÁTIL TIPO OS DO USGS.	62
FIGURA 11 ILUSTRAÇÃO DO BUEIRO CONDUTOR LOCALIZADO NA MICROBACIA NATUBA3.	63
FIGURA 12 RÉGUA LIMNIMÉTRICA DA HIDROMECCOM COM ESCALA TOTAL DE 1 METRO E SUB-DIVISÕES EM CENTÍMETROS.	69
FIGURA 13 APARELHO DE MEDIÇÃO DE NÍVEL AUTOMÁTICO WL16, COM DATA LOGGER ACOPLADO DE INTERFACE USB E SENSOR DE PRESSÃO INTEGRADO.....	70
FIGURA 14 ABRIGO BLINDADO EM FIBRA DE VIDRO S2077, COM INTERFACE DE CONEXÃO PARA SENSORES E SUPORTE INTERNO PARA BATERIA.....	70
FIGURA 15 DATA LOGGER A1201 DE INTERFACE SERIAL, COM LIGAÇÕES PARA RECEBER ALIMENTAÇÃO EM 12V ATRAVÉS DE BATERIA DE LITHIUM.	71
FIGURA 16 NA FIGURA (A) OBSERVA-SE A PLACA DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS S2218 E NA FIGURA (B) OBSERVA-SE O REGULADOR DE TENSÃO SUNSAVER – 10 QUE TRANSMITE TENSÃO EM 12V.....	71
FIGURA 17 O ABRIGO S2160, REPRESENTADO NA FIGURA (A) É FEITO EM ALUMÍNIO E DIVIDIDO EM 8 PLACAS. O SENSOR S2095 (B), OPERA INSTALADO INTERNAMENTE AO ABRIGO, GERANDO DADOS DE 0 A 100% UR.....	72
FIGURA 18 O PLUVIÔMETRO DE BÁSCULA S2163 DA SQUITTER FEITO EM ALUMÍNIO DETÉM ESTRUTURA DE EQUILÍBRIO INSTÁVEL RESPONSÁVEL PELA QUANTIFICAÇÃO DA CHUVA ATRAVÉS DO PREENCHIMENTO E VARIAÇÃO DO RESERVATÓRIO INTERNO DE 0,25 MM.....	73
FIGURA 19 SENSOR DE REGISTRO AUTOMÁTICO DE VARIAÇÃO DE PRESSÃO RELATIVA DA SETRA, EM AÇO INOX, DISTRIBUÍDO PELA SQUITTER COM REFERÊNCIA S2190.....	74
FIGURA 20 PLUVIÔMETRO VILLE DE PARIS INSTALADO EM UM TOPO DE MORRO PRÓXIMO À MICROBACIA NATUBA 3, PONTO ESTE COM ALTIMETRIA DE 498 METROS ACIMA DO NÍVEL DO MAR.....	74
FIGURA 21 DA ESQUERDA PRA DIREITA PODE-SE OBSERVAR O AFERIDOR MULTI-PARÂMETRO HACH DE REFERÊNCIA HQ40D (A), COM DUPLA CONECTIVIDADE, O SENSOR DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO LDO101 (B) E O SENSOR DE CONDUTIVIDADE CDC401 (C). AO LADO O AUTOR EM ATIVIDADE DE MEDIÇÃO. 75	75
FIGURA 22 PERFIL DO RELEVO MÉDIO REPRESENTADO PELA PORCENTAGEM DA ÁREA DE DRENAGEM QUE EXISTE PARA AS VÁRIAS ELEVAÇÕES DO ALTO NATUBA.	79
FIGURA 23 REGRESSÃO LINEAR SIMPLES APONTANDO A DEPENDÊNCIA DA VARIÁVEL ALTURA EM RELAÇÃO AO DIÂMETRO DE REFERÊNCIA (DAP), NUMA INTERATIVIDADE DE 89%.	83
FIGURA 24 REGRESSÃO LINEAR SIMPLES APONTANDO A DEPENDÊNCIA DA VARIÁVEL ALTURA EM RELAÇÃO AO DIÂMETRO DE REFERÊNCIA (DAP), NUMA INTERATIVIDADE DE 93%.	85
FIGURA 25 REGRESSÃO LINEAR SIMPLES APONTANDO A DEPENDÊNCIA DA VARIÁVEL ALTURA EM RELAÇÃO AO DIÂMETRO DE REFERÊNCIA (DAP), NUMA INTERATIVIDADE DE 65%.	87

FIGURA 26 DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES ÀS AMOSTRAS DE pH NA MICROBACIA NATUBA 1 NOS MESES DE SETEMBRO DE 2009 À OUTUBRO DE 2010, COMPARANDO AOS VALORES RECOMENDADOS PELO CONAMA 357/ 2005.	90
FIGURA 27 DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES AS AMOSTRAS DE TURBIDEZ NA MICROBACIA NATUBA 1 NOS MESES DE SETEMBRO DE 2009 À OUTUBRO DE 2010, COMPARANDO AOS VALORES REFERENCIAIS, PARA CLASSE ESPECIAL E CLASSE II, RECOMENDADOS PELO CONAMA 357/ 2005...91	91
FIGURA 28 DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES ÀS AMOSTRAS DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA MICROBACIA NATUBA 1 NOS MESES DE SETEMBRO DE 2009 À OUTUBRO DE 2010, COMPARANDO AOS VALORES REFERENCIAIS, PARA CLASSE ESPECIAL E CLASSE II, RECOMENDADOS PELO CONAMA 357/ 2005.	92
FIGURA 29 DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES ÀS AMOSTRAS DE CONDUTIVIDADE NA MICROBACIA NATUBA 1 NOS MESES DE SETEMBRO DE 2009 À OUTUBRO DE 2010, COMPARANDO AOS VALORES REFERENCIAIS, RECOMENDADOS PELA CETESB.	93
FIGURA 30 DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES ÀS AMOSTRAS DE FOSFATO NA MICROBACIA NATUBA 1 NOS MESES DE SETEMBRO DE 2009 À OUTUBRO DE 2010, COMPARANDO AO VALOR REFERENCIAL MÁXIMO RECOMENDADO PELO CONAMA 357/ 2005.	94
FIGURA 31 DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES AS AMOSTRAS DE NITRATO NA MICROBACIA NATUBA 1 NOS MESES DE SETEMBRO DE 2009 À OUTUBRO DE 2010. O VALOR DE REFERÊNCIA DO CONAMA 357/ 2005 É DE 10 MG/L PARA O VALOR MÁXIMO PERMITIDO.....	95
FIGURA 32 DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES AS AMOSTRAS DE SÓLIDOS TOTAIS NA MICROBACIA NATUBA 1 NOS MESES DE SETEMBRO DE 2009 À OUTUBRO DE 2010, COMPARANDO AO VALOR REFERENCIAL MÁXIMO RECOMENDADO PELO CONAMA 357/ 2005.	96
FIGURA 33 DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES AS AMOSTRAS DE pH NA MICROBACIA NATUBA 2 NOS MESES DE SETEMBRO DE 2009 À OUTUBRO DE 2010, COMPARANDO AOS VALORES RECOMENDADOS PELO CONAMA 357/ 2005.	98
FIGURA 34 DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES AS AMOSTRAS DE TURBIDEZ NA MICROBACIA NATUBA 2 NOS MESES DE SETEMBRO DE 2009 À OUTUBRO DE 2010, COMPARANDO AOS VALORES REFERENCIAIS, PARA CLASSE ESPECIAL E CLASSE II, RECOMENDADOS PELO CONAMA 357/ 2005...99	99
FIGURA 35 DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES ÀS AMOSTRAS DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA MICROBACIA NATUBA 2 NOS MESES DE SETEMBRO DE 2009 À OUTUBRO DE 2010, COMPARANDO AOS VALORES REFERENCIAIS, PARA CLASSE ESPECIAL E CLASSE II, RECOMENDADOS PELO CONAMA 357/ 2005.	100
FIGURA 36 DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES ÀS AMOSTRAS DE CONDUTIVIDADE NA MICROBACIA NATUBA 2 NOS MESES DE SETEMBRO DE 2009 À OUTUBRO DE 2010, COMPARANDO AOS VALORES REFERENCIAIS, RECOMENDADOS PELA CETESB.	101
FIGURA 37 DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES AS AMOSTRAS DE FOSFATO NA MICROBACIA NATUBA 2 NOS MESES DE SETEMBRO DE 2009 À OUTUBRO DE 2010, COMPARANDO AO VALOR REFERENCIAL MÁXIMO RECOMENDADOS PELO CONAMA 357/ 2005.	102
FIGURA 38 DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES AS AMOSTRAS DE SÓLIDOS TOTAIS NA MICROBACIA NATUBA 2 NOS MESES DE SETEMBRO DE 2009 À OUTUBRO DE 2010, COMPARANDO AO VALOR REFERENCIAL MÁXIMO RECOMENDADOS PELO CONAMA 357/ 2005.....	103
FIGURA 39 DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES AS AMOSTRAS DE pH NA MICROBACIA NATUBA 3 NOS MESES DE SETEMBRO DE 2009 À OUTUBRO DE 2010, COMPARANDO AOS VALORES RECOMENDADOS PELO CONAMA 357/ 2005.	105
FIGURA 40 DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES AS AMOSTRAS DE TURBIDEZ NA MICROBACIA NATUBA 3 NOS MESES DE SETEMBRO DE 2009 À OUTUBRO DE 2010, COMPARANDO AOS VALORES REFERENCIAIS, PARA CLASSE ESPECIAL E CLASSE II, RECOMENDADOS PELO CONAMA 357/ 2005.	106
FIGURA 41 DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES AS AMOSTRAS DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA MICROBACIA NATUBA 3 NOS MESES DE SETEMBRO DE 2009 À OUTUBRO DE 2010, COMPARANDO AOS VALORES REFERENCIAIS, PARA CLASSE ESPECIAL E CLASSE II, RECOMENDADOS PELO CONAMA 357/ 2005.	107
FIGURA 42 DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES AS AMOSTRAS DE CONDUTIVIDADE NA MICROBACIA NATUBA 3 NOS MESES DE SETEMBRO DE 2009 À OUTUBRO DE 2010, COMPARANDO AOS VALORES REFERENCIAIS, RECOMENDADOS PELA CETESB.	108
FIGURA 43 DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES AS AMOSTRAS DE FOSFATO NA MICROBACIA NATUBA 3 NOS MESES DE SETEMBRO DE 2009 À OUTUBRO DE 2010, COMPARANDO AO VALOR REFERENCIAL MÁXIMO RECOMENDADOS PELO CONAMA 357/ 2005.	109
FIGURA 44 DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES AS AMOSTRAS DE SÓLIDOS TOTAIS NA MICROBACIA NATUBA 3 NOS MESES DE SETEMBRO DE 2009 À OUTUBRO DE 2010, COMPARANDO AO VALOR REFERENCIAL MÁXIMO RECOMENDADOS PELO CONAMA 357/ 2005.....	110

FIGURA 45 DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES ÀS AMOSTRAS DE TEMPERATURA NAS MICROBACIAS NATUBA 1, 2 E 3 NOS MESES DE FEVEREIRO A OUTUBRO DE 2010.	111
FIGURA 46 DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES AS AMOSTRAS DE pH NAS MICROBACIAS NATUBA 1, 2 E 3 NOS MESES DE SETEMBRO DE 2009 À OUTUBRO DE 2010, COMPARANDO AOS VALORES RECOMENDADOS PELO CONAMA 357/ 2005.....	112
FIGURA 47 VALORES DE SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NAS MICROBACIAS NATUBA 1, 2 E 3 NOS MESES DE FEVEREIRO À OUTUBRO DE 2010.....	113
FIGURA 48 VALORES DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NAS MICROBACIAS NATUBA 1, 2 E 3 NOS MESES DE SETEMBRO DE 2009 A OUTUBRO DE 2010, DE ACORDO COM CONAMA 357/2005.	114
FIGURA 49 DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES AS AMOSTRAS DE CONDUTIVIDADE NAS MICROBACIAS NATUBA 1, 2 E 3 NOS MESES DE SETEMBRO DE 2009 À OUTUBRO DE 2010, COMPARANDO AO VALOR REFERENCIAL, RECOMENDADO PELA CETESB.	115
FIGURA 50 ANÁLISES DE DEPENDÊNCIA REALIZADAS PARA AS TRÊS MICROBACIAS EXPERIMENTAIS, CONFRONTANDO OXIGÊNIO DISSOLVIDO EM DECORRÊNCIA DA VARIAÇÃO DA TEMPERATURA, NOS MESES DE FEVEREIRO A OUTUBRO DE 2010.....	122
FIGURA 51 ANÁLISES DE DEPENDÊNCIA REALIZADAS PARA AS TRÊS MICROBACIAS EXPERIMENTAIS, CONFRONTANDO CONDUTIVIDADE EM DECORRÊNCIA DA VARIAÇÃO DOS SÓLIDOS TOTAIS, NOS MESES DE DEZEMBRO DE 2009 A SETEMBRO DE 2010.	123
FIGURA 52 TESTE DE REGRESSÃO ENTRE OS POSTOS DE COLETA DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS CONHECIDOS PARA AS MICROBACIAS DO ALTO NATUBA ENTRE OS MESES DE JUNHO A OUTUBRO DE 2010.	125
FIGURA 53 SÉRIE DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA ACUMULATIVA ENTRE OS MESES DE JUNHO A OUTUBRO DE 2010 REGISTRADAS PELA PCD NATUBA DE 10 EM 10 MINUTOS.	126
FIGURA 54 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA MÉDIA MENSAL DA PCD VITÓRIA COMPREENDIDA DOS ANOS DE 1999 A 2010. AS BARRAS PRETAS REPRESENTAM O PERÍODO CHUVOSO E AS CINZAS O PERÍODO DE RECESSÃO.	127
FIGURA 55 SÉRIE DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA HISTÓRICA MENSAL DA PCD VITÓRIA COMPREENDIDA DOS ANOS DE 1999 A 2010, COMPARADA COM A MÉDIA LOCAL.	127
FIGURA 56 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA MÉDIA MENSAL DA PCD POMBOS COMPREENDIDA DOS ANOS DE 1990 A 2010. AS BARRAS PRETAS REPRESENTAM O PERÍODO CHUVOSO E AS CINZAS O PERÍODO DE RECESSÃO.	128
FIGURA 57 SÉRIE DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA HISTÓRICA MENSAL DA PCD POMBOS COMPREENDIDA DOS ANOS DE 1990 A 2010, COMPARADA COM A MÉDIA LOCAL.	128
FIGURA 58 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA MÉDIA MENSAL DO ENGENHO PITÚ COMPREENDIDA DOS ANOS DE 2006 A 2010. AS BARRAS PRETAS REPRESENTAM O PERÍODO CHUVOSO E AS CINZAS O PERÍODO DE RECESSÃO INTERMITENTE.	129
FIGURA 59 SÉRIE DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA HISTÓRICA MENSAL DO ENGENHO PITÚ COMPREENDIDA DOS ANOS DE 2006 A 2010, COMPARADA COM A MÉDIA LOCAL.	129
FIGURA 60 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA MENSAL DO ENGENHO PIRAPAMA COMPREENDIDA DOS ANOS DE 2006 A 2010. AS BARRAS PRETAS REPRESENTAM O PERÍODO CHUVOSO E AS CINZAS O PERÍODO DE RECESSÃO INTERMITENTE.	130
FIGURA 61 SÉRIE DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA HISTÓRICA MENSAL DO ENGENHO PIRAPAMA COMPREENDIDA DOS ANOS DE 2006 A 2010, COMPARADA COM A MÉDIA LOCAL.	130
FIGURA 62 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA MENSAL DO ENGENHO SERRA GRANDE COMPREENDIDA DOS ANOS DE 1967 A 1988. AS BARRAS PRETAS REPRESENTAM O PERÍODO CHUVOSO E AS CINZAS O PERÍODO DE RECESSÃO.	131
FIGURA 63 SÉRIE DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA HISTÓRICA MENSAL DO ENGENHO SERRA GRANDE COMPREENDIDA DOS ANOS DE 1967 A 1988, COMPARADA COM A MÉDIA LOCAL.	131
FIGURA 64 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA MENSAL DA PCD NATUBA NO ANO DE 2010. AS BARRAS PRETAS REPRESENTAM O PERÍODO CHUVOSO E AS CINZAS O PERÍODO DE RECESSÃO.	132
FIGURA 65 SÉRIE DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA HISTÓRICA MENSAL DA PCD NATUBA DO ANO DE 2010, COMPARADA COM A MÉDIA LOCAL HISTÓRICA.	133
FIGURA 66 VARIAÇÃO NA TRAJETÓRIA DA DISTRIBUIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA HISTÓRICA MENSAL ENTRE TODOS OS POSTOS UTILIZADOS PARA CORREÇÃO DAS FALHAS EM RELAÇÃO À PCD NATUBA.	133
FIGURA 67 COMPORTAMENTO DA VAZÃO EM FUNÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA AO LONGO DO MÊS DE JUNHO DE 2010 NA MICROBACIA NATUBA 1. OS DADOS DE CHUVA COMEÇARAM A SER COLETADOS A PARTIR DO DIA 25/06/10, JUSTIFICANDO DESSA FORMA A AUSÊNCIA DA PLUVIOSIDADE PARA O PERÍODO TOTAL.	135
FIGURA 68 COMPORTAMENTO DA VAZÃO EM FUNÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA PARA O MÊS DE JULHO DE 2010 NA MICROBACIA NATUBA 1.....	135

FIGURA 69 COMPORTAMENTO DA VAZÃO EM FUNÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA PARA O MÊS DE JUNHO DE 2010 NA MICROBACIA NATUBA 2. OS DADOS DE COMEÇARAM A SER COLETADOS A PARTIR DO DIA 25/06/10, JUSTIFICANDO DESSA FORMA A AUSÊNCIA PARA O PERÍODO TOTAL.	136
FIGURA 70 COMPORTAMENTO DA VAZÃO EM FUNÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA PARA O MÊS DE JULHO DE 2010 NA MICROBACIA NATUBA 2.....	137
FIGURA 71 COMPORTAMENTO DA VAZÃO EM FUNÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA PARA O MÊS DE AGOSTO DE 2010 NA MICROBACIA NATUBA 2.....	138
FIGURA 72 COMPORTAMENTO DA VAZÃO EM FUNÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA PARA O MÊS DE SETEMBRO DE 2010 NA MICROBACIA NATUBA 2.....	139
FIGURA 73 COMPORTAMENTO DA VAZÃO EM FUNÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA PARA O MÊS DE SETEMBRO DE 2010 NA MICROBACIA NATUBA 2.....	139
FIGURA 74 COMPORTAMENTO DA VAZÃO EM FUNÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA PARA O MÊS DE JUNHO DE 2010 NA MICROBACIA NATUBA 3. OS DADOS DE CHUVA COMEÇARAM A SER COLETADOS A PARTIR DO DIA 25/06/10, JUSTIFICANDO DESSA FORMA A AUSÊNCIA DA PLUVIOSIDADE PARA O PERÍODO TOTAL.	140
FIGURA 75 COMPORTAMENTO DA VAZÃO EM FUNÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA PARA O MÊS DE JULHO DE 2010 NA MICROBACIA NATUBA 3.....	141
FIGURA 76 COMPORTAMENTO DA VAZÃO EM FUNÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA PARA O MÊS DE AGOSTO DE 2010 NA MICROBACIA NATUBA 3.....	142
FIGURA 77 DISTRIBUIÇÃO DA VAZÃO EM FUNÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA PARA O MÊS DE SETEMBRO DE 2010 NA MICROBACIA NATUBA 3.....	143
FIGURA 78. DISTRIBUIÇÃO DA VAZÃO EM FUNÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA PARA O MÊS DE OUTUBRO DE 2010 NA MICROBACIA NATUBA 3.	144
FIGURA 79 COMPORTAMENTO DA VAZÃO EM FUNÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA PARA O EVENTO DE CHUVA COMPREENDIDO ENTRE 27/06/10 A 01/07/10 NAS MICROBACIAS NATUBA 1, 2 E 3.	145
FIGURA 80 COMPORTAMENTO DA VAZÃO EM FUNÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA (MM) PARA O EVENTO DE CHUVA COMPREENDIDO ENTRE 12/07/10 A 15/07/10 NAS MICROBACIAS NATUBA 1, 2 E 3.	146
FIGURA 81 COMPORTAMENTO DA VAZÃO EM FUNÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA (MM) PARA O EVENTO DE CHUVA COMPREENDIDO ENTRE 06/08/10 A 11/08/10 NAS MICROBACIAS NATUBA 2 E 3.	147
FIGURA 82 DISTRIBUIÇÃO DA VAZÃO EM FUNÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA (MM) PARA O EVENTO DE CHUVA COMPREENDIDO ENTRE 20/08/10 A 25/08/10 NAS MICROBACIAS NATUBA 2 E 3.	148
FIGURA 83 COMPORTAMENTO DA VAZÃO EM FUNÇÃO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA (MM) PARA O EVENTO DE CHUVA COMPREENDIDO ENTRE 13/09/10 A 16/09/10 NAS MICROBACIAS NATUBA 2 E 3.	149
FIGURA 84 COMPORTAMENTO DA VAZÃO ESPECÍFICA MÉDIA MENSAL NAS MICROBACIAS NATUBA 1, 2 E 3 COMPREENDIDA ENTRE 25/06/2010 E 25/10/10.	150

Lista de Quadros

QUADRO 1 VALORES DOS COEFICIENTES DE PERDA PARA BACIAS RURAIS. MÉTODO BASEADO NOS ESTUDOS DE WILLIAMS, (1949) E APRESENTADO EM TUCCI, (2007).	64
QUADRO 2 VALORES DO COEFICIENTE DE PERDAS UTILIZADOS PELO ESTADO SÃO PAULO, DESENVOLVIDOS POR WILKEN, (1979) APRESENTADO EM TUCCI, (2007).	65
QUADRO 3 PADRÃO DE QUALIDADE DA ÁGUA PREVISTOS NA RESOLUÇÃO DO CONAMA 357/2005, E PELA CETESB 2010, PARA CLASSIFICAÇÃO DOS CORPOS DE ÁGUA DOCE NO TERRITÓRIO BRASILEIRO.....	78
QUADRO 4 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA MICROBACIA NATUBA 1, COM VEGETAÇÃO NATIVA.....	80
QUADRO 5 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA MICROBACIA NATUBA 2 DE USO MISTO DO SOLO.	81
QUADRO 6 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA MICROBACIA NATUBA 3 DE USO ANTROPIZADO DO SOLO.....	81
QUADRO 7 LISTA DAS ESPÉCIES REPRESENTATIVAS DA MICROBACIA NATUBA 1 E SEUS VALORES DE DAP E ALTURA.	82
QUADRO 8 LISTA DAS ESPÉCIES REPRESENTATIVAS DA MICROBACIA NATUBA 2 E SEUS VALORES DE DAP E ALTURA.	84
QUADRO 9 LISTA DAS ESPÉCIES REPRESENTATIVAS DA MICROBACIA NATUBA 2 E SEUS VALORES DE DAP E ALTURA.	86
QUADRO 10 COBERTURA VEGETAL NA MICROBACIA 1 DE USO NATURAL.....	88
QUADRO 11 COBERTURA VEGETAL NA MICROBACIA, DE USO MISTO.	88
QUADRO 12 COBERTURA VEGETAL NA MICROBACIA 3, DE USO ANTROPIZADO.....	88
QUADRO 13 AVALIAÇÃO DE CONDIÇÃO BASEADO NOS DADOS PERCENTUAIS CLASSIFICATÓRIOS DA ANÁLISE DE CONFORMIDADE REALIZADA PARA A MICROBACIA NATUBA 1, ENTRE OS MESES DE SETEMBRO DE 2009 E OUTUBRO DE 2010. DADOS DE REFERENCIAIS DO CONAMA 357/2005 E CETESB.	119
QUADRO 14 AVALIAÇÃO DE CONDIÇÃO BASEADO NOS DADOS PERCENTUAIS CLASSIFICATÓRIOS DA ANÁLISE DE CONFORMIDADE REALIZADA PARA A MICROBACIA NATUBA 2, ENTRE OS MESES DE SETEMBRO DE 2009 E OUTUBRO DE 2010. DADOS DE REFERENCIAIS DO CONAMA 357/2005 E CETESB.	120
QUADRO 15 AVALIAÇÃO DE CONDIÇÃO BASEADO NOS DADOS PERCENTUAIS CLASSIFICATÓRIOS DA ANÁLISE DE CONFORMIDADE REALIZADA PARA A MICROBACIA NATUBA 3, ENTRE OS MESES DE SETEMBRO DE 2009 E OUTUBRO DE 2010. DADOS DE REFERENCIAIS DO CONAMA 357/2005 E CETESB.	121

Lista de Tabelas

TABELA 1 QUALIDADE DA ÁGUA NA MICROBACIA NATUBA 1, A PARTIR DE AMOSTRAS REALIZADAS DE SETEMBRO DE 2009 E OUTUBRO DE 2010.	89
TABELA 2 DADOS EXPLICATIVOS SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA NA MICROBACIA NATUBA 2, AMOSTRADOS ENTRE O MÊS DE SETEMBRO DE 2009 E OUTUBRO DE 2010.	97
TABELA 3 DADOS EXPLICATIVOS SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA NA MICROBACIA NATUBA 3, AMOSTRADOS ENTRE O MÊS DE SETEMBRO DE 2009 E OUTUBRO DE 2010.	104
TABELA 4 DADOS PERCENTUAIS CLASSIFICATÓRIOS PARA O INTERVALO DA SÉRIE DE COLETAS ENTRE OS MESES DE SETEMBRO DE 2009 E OUTUBRO DE 2010, RELACIONANDO A CONFORMIDADE PARA OS LIMITES DO CONAMA 357/2005 E A CETESB, NA MICROBACIA NATUBA 1.	116
TABELA 5 DADOS PERCENTUAIS CLASSIFICATÓRIOS PARA O INTERVALO DA SÉRIE DE COLETAS ENTRE OS MESES DE SETEMBRO DE 2009 E OUTUBRO DE 2010, RELACIONANDO A CONFORMIDADE PARA OS LIMITES DO CONAMA 357/2005 E A CETESB, NA MICROBACIA NATUBA 2.	117
TABELA 6 DADOS PERCENTUAIS CLASSIFICATÓRIOS PARA O INTERVALO DA SÉRIE DE COLETAS ENTRE OS MESES DE SETEMBRO DE 2009 E OUTUBRO DE 2010, RELACIONANDO A CONFORMIDADE PARA OS LIMITES DO CONAMA 357/2005 E A CETESB, NA MICROBACIA NATUBA 2.	117
TABELA 7 CONSIDERANDO OS EVENTOS DE CHUVA-VAZÃO ESTUDADOS NO ITEM 5.3 PÔDE-SE OBSERVAR O COMPORTAMENTO DA VAZÃO, DO PICO À SUA PERMANÊNCIA DO FLUXO.	150

Lista de Apêndices

APÊNDICE 1 DADOS DE ALTIMETRIA DE 10 EM 10 METROS, ESTABELECENDO A DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS PROPORCIONAIS POR FAIXA DE ELEVAÇÃO.....	177
APÊNDICE 2 SEQÜÊNCIA DE MAPAS AUTO-EXPLICATIVOS, DEMONSTRANDO O PERFIL DA VARIAÇÃO DE ELEVAÇÃO E CONSEQÜENTEMENTE DA DECLIVIDADE NA SUB BACIA DO NATUBA. PELO FATO DO MODELO USAR COMO REFERÊNCIA AS CURVAS DE NÍVEL NÃO REALIZOU- SE TAIS ESTUDOS PARA AS MICROBACIAS PELA PERDA EXTREMA DE RESOLUÇÃO, OCASIONANDO POUCA CLAREZA E PRECISÃO.	178
APÊNDICE 3 SEQÜÊNCIA DE MAPAS AUTO-EXPLICATIVOS, DEMONSTRANDO O PERFIL DA HIPSOMETRIA ATRAVÉS DO MODELO TIN E DA DECLIVIDADE NA SUB BACIA DO NATUBA. PELO FATO DO MODELO USAR COMO REFERÊNCIA AS CURVAS DE NÍVEL NÃO REALIZOU- SE TAIS ESTUDOS PARA AS MICROBACIAS PELA PERDA EXTREMA DE RESOLUÇÃO, OCASIONANDO POUCA CLAREZA E PRECISÃO.	179
APÊNDICE 4 DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES AS AMOSTRAS DE TURBIDEZ NAS MICROBACIAS DO ALTO NATUBA NOS MESES DE SETEMBRO DE 2009 A OUTUBRO DE 2010, COMPARANDO AOS VALORES REFERENCIAIS, PARA CLASSE ESPECIAL E CLASSE II, RECOMENDADOS PELO CONAMA 357/ 2005.	180
APÊNDICE 5 DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES AS AMOSTRAS DE NITRATO NAS MICROBACIAS DO ALTO NATUBA NOS MESES DE SETEMBRO DE 2009 À OUTUBRO DE 2010. O VALOR DE REFERÊNCIA DO CONAMA 357/ 2005 É DE 10 MG/L PARA O VALOR MÁXIMO PERMITIDO.....	180
APÊNDICE 6 DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES AS AMOSTRAS DE FOSFATO NAS MICROBACIAS DO ALTO NATUBA NOS MESES DE SETEMBRO DE 2009 A OUTUBRO DE 2010, COMPARANDO AO VALOR REFERENCIAL MÁXIMO RECOMENDADO PELO CONAMA 357/ 2005.....	181
APÊNDICE 7 DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES CORRESPONDENTES AS AMOSTRAS DE SÓLIDOS TOTAIS NAS MICROBACIAS DO ALTO NATUBA NOS MESES DE DEZEMBRO DE 2009 À OUTUBRO DE 2010, COMPARANDO AO VALOR REFERENCIAL MÁXIMO RECOMENDADO PELO CONAMA 357/ 2005.....	181

1- Introdução

1.1-Contextualização do estudo

Segundo Tucci & Clarke (1997), os processos hidrológicos em uma bacia hidrográfica possuem duas direções de fluxo: vertical, representado pela precipitação e evapotranspiração, e horizontal, representado pelo escoamento e infiltração. Eles afirmam que a vegetação tem papel fundamental em todo o processo hidrológico da bacia hidrográfica, principalmente na interceptação e evapotranspiração atuando, direta ou indiretamente, em todas as fases do ciclo.

A adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento é de aceitação internacional, não apenas porque ela representa uma unidade física bem caracterizada, tanto do ponto de vista de integração como da funcionalidade de seus elementos, mas também porque toda área de terra, por menor que seja, se integra a uma bacia (PISSARRA, 1998).

Segundo TUNDISI (1999), alterações na quantidade, distribuição e qualidade dos recursos hídricos das bacias hidrográficas ameaçam o equilíbrio biológico e sobrevivência humana e das demais espécies do planeta, estando dessa forma, o desenvolvimento econômico e social dos países fundamentados na disponibilidade de água de boa qualidade e na capacidade de sua conservação e proteção.

Para um melhor entendimento dos processos físicos, químicos e biológicos que intervêm no ciclo hidrológico utilizam-se constantemente as características de homogeneidade das pequenas bacias ou microbacias. Isso faz com que elas sejam muitas vezes utilizadas em pesquisas visando à obtenção de um melhor entendimento das variáveis ambientais locais (GOLDENFUM, 2003).

A qualidade e quantidade da água de uma microbacia podem ser influenciadas por diversos fatores e, dentre eles, estão o clima, a cobertura vegetal, a topografia, a geologia, bem como o tipo, o uso e o manejo do solo na bacia hidrográfica (VAZHEMIN, 1972; PEREIRA, 1997).

Segundo ARCOVA et al. (1998), os vários processos que controlam a qualidade e a quantidade da água de determinado manancial fazem parte de um frágil equilíbrio, motivo pelo qual alterações de ordem física, química ou climática, na bacia hidrográfica, podem modificar a sua qualidade e disponibilidade.

As perturbações ambientais em massa causadas pelo homem têm alterado e destruído a paisagem em larga escala, levando espécies e mesmo comunidades inteiras à extinção local. As maiores ameaças à diversidade biológica proveniente da atividade humana são: destruição, fragmentação ou degradação do habitat (incluindo poluição); super exploração das espécies para uso humano; introdução de espécies exóticas e aumento de ocorrência de doenças (PRIMACK & RODRIGUES, 2002).

O manejo sustentável dos agroecossistemas passa pelo planejamento de uso dos mesmos, utilizando-se de conceitos introduzidos para a abordagem da complexidade ambiental, com avaliação dos problemas, considerando seus vários aspectos interdependentes: geologia, solos, vegetação, clima, uso do solo, hidrologia e aspectos antrópicos (SANTOS, 1996).

Segundo CAMPANA & EID (2003), as alterações em uma bacia hidrográfica são decorrentes da ação antrópica no uso e ocupação do solo, como desmatamentos, reflorestamentos e urbanização, apresentando impactos consideráveis no comportamento hidrológico da bacia, podendo comprometer não só o abastecimento e os outros usos pela comunidade, mas também o equilíbrio do ecossistema aquático.

As atividades humanas são conhecidas por provocarem alterações no regime climático, e estes são, todavia influenciados pelas emissões de gases de efeito estufa e a retirada da cobertura vegetal natural, que afetam os processos hidrológicos em uma bacia hidrográfica, como a disponibilidade e a qualidade de água. Essas mudanças podem induzir a riscos ambientais, econômicos e sociais, sendo os países mais pobres e em desenvolvimento os mais vulneráveis. De acordo com o IPCC (2001), o Século XXI deve apresentar

maior frequência de eventos extremos de temperatura, precipitação, seca e enchentes, que poderão aumentar os riscos de erosão, deslizamentos de terra, incêndios florestais, riscos à saúde humana e redução do potencial agrícola e da disponibilidade de água para os diversos usos.

De modo geral, os aumentos previstos de temperatura para o Brasil (1 a 6 °C, dependendo do cenário de emissão de gases), poderiam causar aumento da evaporação à superfície, provocando alterações no balanço hídrico da vegetação natural e das culturas agrícolas (NOBRE, 2006). Esse efeito deve ser mais negativo em regiões onde predominam a agricultura de sequeiro, a não ser que o aumento de temperatura seja acompanhado de aumento e/ou regularização no regime de chuvas.

O efeito projetado das mudanças climáticas no escoamento de água superficial e na recarga de água subterrânea é variável, dependendo da região e do cenário climático considerado (IPCC, 2001), mas relaciona-se, em grande parte, com as mudanças previstas para a precipitação (IPCC, 2001; KROL et al., 2006). É previsto que a magnitude e a frequência de vazões máximas aumentem na maioria das regiões do planeta e que as vazões mínimas sejam menores em muitas regiões.

De acordo com HULME & SHEARD (1999), é de se esperar que as alterações no regime de precipitação tenham implicações no regime de escoamento dos rios brasileiros, embora não exista tendência bem definida para o aumento ou a redução da vazão. Os autores destacam a forte relação entre a vazão de vários rios da Amazônia e o fenômeno El Niño. Também relatam o aumento de 15% nas vazões do Rio Paraná desde a década de 1960, consistente com o aumento das precipitações observado nessa década.

Na região do semiárido do Nordeste brasileiro, KROL & BRONSTERT (2007) identificaram tendência significativa de redução nas vazões do Rio Jaguaribe, após 2025, considerando cenário de redução de 50% da precipitação nas próximas cinco décadas. Em um cenário de redução de 21% da precipitação, os autores não encontraram tendência significativa de alteração da vazão.

Em consideração ao grande número de eventos antrópicos impactantes, observa-se um considerável aumento das precipitações intensas, assim como um grande espaçamento entre as mesmas, ocasionando eventos descontínuos

de baixa regularidade. Esse processo vai em caminho contrário ao ideal de regime hídrico necessário para o desenvolvimento pleno das atividades naturais e humanas. Uma das grandes causas deste evento é a supressão da cobertura vegetal natural, impedindo a prestação dos seus serviços ambientais, que teriam um papel fundamental no balanço hídrico, assim como na amenização das conseqüências das chuvas intensas, funcionando como um regularizador do escoamento superficial e protetor do recurso hídrico.

Nas bacias com cobertura de floresta natural, a vegetação promove a proteção contra a erosão dos solos, a sedimentação, a lixiviação excessiva de nutrientes e a elevação da temperatura da água (SOPPER, 1975).

Silva et al., (2004), ressaltando a importância da preservação da vegetação natural, afirmam que, sob condições naturais as copas das árvores, a vegetação de sub bosque e, principalmente, a serrapilheira de uma floresta fazem o papel de amortecedores da energia cinética contida na gota da chuva, impedindo o contato direto entre a gota da água e as partículas do solo e evitando o primeiro passo do processo erosivo, que é a erosão por salpicamento.

Medinilha (1999) aponta ainda, que as principais funções da vegetação são desempenhadas pela mata ciliar e estas são: a redução das perdas do solo provenientes de processos erosivos e de solapamento das margens dos rios; ampliação dos refúgios e fontes de alimentação para as faunas silvestre e aquática; garantia da perenidade das fontes e nascentes; proteção dos cursos d'água ao transporte de defensivos, corretivos e fertilizantes; melhora da qualidade e da quantidade de água para consumo humano e agrícola; promoção do repovoamento faunístico das matas artificiais e dos cursos d'água.

Como as áreas florestadas não perturbadas são a melhor condição desejada, do ponto de vista da proteção dos recursos hídricos, o monitoramento hidrológico das microbacias com vegetação natural remanescente serve como referência para a comparação com outras microbacias impactadas. Em conseqüência, diversos estudos sobre a qualidade da água em microbacias têm sido realizados (PINEDA & SCHAFER, 1987; ARCOVA & CICCIO, 1999; SOUZA & TUNDISI, 2000; PRIMAVESI et al., 2002).

O riacho Natuba é um importante afluente do rio Tapacurá, e está diretamente envolvido com a principal fonte geradora de recurso econômico do município de Pombos – PE, aonde se observa extensas áreas de cultivos de hortaliças e policulturas de ciclos longos e curtos. A manutenção da quantidade e qualidade do recurso hídrico é de vital importância para a produção sustentável de biomassa útil, assim como, também, para a geração de vazão continuada com intuito de contribuir efetivamente no abastecimento do reservatório do Rio Tapacurá, situado a jusante. O monitoramento hidrológico servirá de base para aferir-se um diagnóstico real da situação dos serviços ambientais prestados pela cobertura do solo na proteção contra erosão e manutenção da água, sendo para isso estudada: as dinâmicas de precipitação – vazão, modelos de precipitação efetiva (escoamento superficial) e qualidade da água.

Dessa forma, sabendo-se da importância do recurso hídrico para o pleno desenvolvimento das atividades econômicas e sociais, foi desenvolvido este projeto de monitoramento de três microbacias do Alto Natuba, com diferentes tipos de uso do solo.

Este trabalho pretende contribuir com a geração de informações necessárias para se criar políticas públicas e estratégias de gestão no campo dos recursos hídricos para as sub-bacias do Natuba e do Tapacurá.

1.2 Objetivos da pesquisa

Diante dos argumentos apresentados e da sua contextualização na sub-bacia do Natuba, foram definidos os objetivos desta pesquisa.

Tem-se assim como **objetivo geral** conhecer o comportamento hidrológico quantitativo e qualitativo de microbacias em condições diferenciadas de uso do solo, na Zona da Mata de Pernambuco.

Como objetivos específicos consideram-se:

- Conhecer o regime de vazão no exutório de três microbacias experimentais, do alto Natuba, em função das chuvas;
- Avaliar a influência da cobertura vegetal sobre os processos hidrológicos estudados nas três microbacias.
- Caracterizar a qualidade da água nas três microbacias comparando-as com os padrões da legislação em vigor;

2- Revisão Temática

2.1- A bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica compõe-se basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no ponto de saída, o exutório. Esta ainda pode ser considerada um sistema físico onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo exutório e infiltrado pelas superfícies de recarga subterrânea (TUCCI, 2007).

A bacia hidrográfica é considerada um sistema geomorfológico aberto que está em constante atividade, reagindo em resposta ao domínio climático predominante, ganhando energia através das precipitações e perdendo energia de forma contínua pelo deflúvio. A bacia hidrográfica pode, assim, ser descrita em termos de variáveis independentes que flutuam em torno de um padrão ou média em contínuo estágio de equilíbrio dinâmico, muitas vezes, parcialmente estacionário, aonde a entrada e a saída de energia no sistema está em constante balanço de resposta e contra-resposta (LIMA, 1996; LIMA & ZAKIA 1998, 2000).

Segundo Vilella & Mattos (1975) este grande conjunto paisagístico pode ser delineado e normalmente é definido pelos chamados divisores de águas, que representam a linha fictícia separadora das diferentes precipitações que contribuem para cada bacia hidrográfica distinta, encaminhando o escoamento superficial para um ou outro sistema pluvial. A superfície de uma bacia é delimitada por dois tipos de divisores de águas: os divisores topográficos, que são determinados pela topografia local, estabelecendo a área de deflúvio, e os divisores subterrâneos, que são determinados pelas atribuições da formação estrutural geológica do terreno, este também, sendo influenciado pela topografia, estabelecem os limites dos reservatórios subterrâneos de onde se deriva o escoamento de base da bacia.

O primeiro conceito de microbacia aparece em Moldan & Cerny (1807) *apud* Mosca, (2003) abrangendo o sentido de identificar uma unidade de paisagem em escala reduzida, afim de, se estudar os processos hidrológicos de forma homogênea, principalmente no que se refere às características mínimas necessárias para se inferir métodos e aferir medidas hidrológicas.

Esta linha de pensamento é observada também em Lima & Zakia (1998), onde a microbacia hidrográfica é tida como uma unidade geomorfológica natural, representando conseqüentemente a menor manifestação física que permite quantificar, de forma unificada e integrada, o funcionamento deste geossistema natural.

Nas bacias com cobertura de floresta natural, a vegetação promove a proteção contra a erosão dos solos, a lixiviação excessiva de nutrientes e a elevação da temperatura da água (SOPPER, 1975). Estas áreas são reconhecidas como mananciais hídricos de mais elevada importância e qualidade para o abastecimento doméstico, para a proteção das comunidades aquáticas e outros benefícios. Por outro lado, as práticas que se seguem após a retirada da floresta tendem a produzir uma degradação intensa e prolongada da qualidade da água (BROWN, 1988). O estado de agregação do solo resulta em um balanço entre as forças ou processos que promovem a agregação e as causas que promovem sua destruição. Muitos estudos apontam que práticas de manejo e uso do solo podem afetar positiva ou negativamente a agregação e as propriedades físicas de um determinado solo (CASTRO FILHO et al., 2002; MADARI, 2004; DARAGHMEH et al., 2009).

Para que o planejamento da gestão de recursos hídricos seja elaborado de forma adequada, são necessários o conhecimento e a compreensão dos processos hidrológicos de uma bacia hidrográfica. Dessa forma torna-se essencial adensar o monitoramento em pequenas áreas de modo a permitir a sua extensão e compreensão das escalas maiores. Assim, pesquisas com modelos de simulação desenvolvidas em bacias experimentais e representativas são muito importantes, devido ao fato de que seus parâmetros podem, em princípio, ser considerados válidos para as regiões das quais estas bacias são representativas.

As bacias representativas são definidas como aquelas que possuem características semelhantes, do ponto de vista hidrológico, de certa região. Já

bacia experimental define-se como aquela onde o solo e a vegetação são relativamente homogêneos e as características físicas uniformes. De acordo com Srinivasan & Engel (1991) a implantação de bacias experimentais e representativas foi difundida em todo o mundo a partir da década hidrológica internacional, entre 1965 e 1975.

2.2- O Ciclo Hidrológico e o Balanço Hídrico

O processo periódico de circulação da água, em diferentes fases, da atmosfera aos oceanos e aos solos, e à atmosfera novamente, denomina-se ciclo hidrológico.

O ciclo hidrológico é um produto integrado do clima e dos atributos tanto biológicos quanto geofísicos da superfície terrestre, e, simultaneamente, exerce uma influência sobre o clima que transcende as interações entre a umidade atmosférica, a precipitação e o escoamento superficial (HARTMANN, 1994).

A dinâmica do ciclo hidrológico resulta de um complexo acoplamento de fatores mecânicos, eletromagnéticos, termodinâmicos, químicos e biológicos, entrelaçados entre si, em diferentes escalas espaciais e temporais, em forma não linear. Um elemento imprescindível na configuração mecânica deste ciclo é a energia solar, de natureza eletromagnética, que alcança a Terra.

Considerando que o deslocamento do planeta Terra em torno do Sol e sua simultânea rotação em torno de seu eixo variam de forma angular temporalmente, e que as intensidades de energia solar também variam, admite-se tais fatores como determinantes para a quantidade de energia solar que alcança o sistema terra-atmosfera (LIOU, 1980; PALTRIDGE & PLATT, 1976; KONDRATYEV, 1969; MCCARTNEY, 1976).

O sol fornece a energia fundamental para o funcionamento dos processos físicos (evaporação) e biológicos (transpiração), e a junção desses processos, a evapotranspiração, transita entre ambas as dimensões.

Anualmente, evaporam-se em torno de 380.000 quilômetros cúbicos de água da Terra, sendo 320.000 quilômetros cúbicos provenientes dos oceanos e o restante, 60.000, oriundos dos rios, lagos e das superfícies dos continentes. Após esta massa de água ser armazenada na atmosfera, ela precipita-se em

forma de chuva ou neve, não uniformemente sobre o globo terrestre. Uma maior quantidade retorna para os oceanos, sendo que aproximadamente, 96.000 quilômetros cúbicos caem sobre as superfícies dos continentes suficientes para cobrir o território brasileiro com uma profundidade de 11,3 metros. Parte dessa água escorre diretamente sobre as superfícies sólidas para os rios e posteriormente, em diferentes escalas temporais, sendo transportadas até os oceanos. Outra parte, após absorver em torno de 540 calorias de energia solar por grama de água, evapora, retornando para a atmosfera. O restante de água precipitada infiltra-se nos solos desempenhando papel imprescindível na manutenção dos processos físico-químico-biológicos vitais para a vida vegetal, assim como na formação de reservatórios subterrâneos, retroalimentando, rápida ou lentamente, os cursos e as fontes superficiais de águas (DAVIS & DAY, 1961).

Por isso, conhecer o balanço hídrico para uma determinada região é de extrema relevância, pois este fornece a contabilização da água do solo, resultante da aplicação do Princípio de Conservação de Massa em um volume de solo vegetado (PEREIRA et al., 2002).

O método do balanço hídrico foi desenvolvido por Thornthwaite & Mather (1955) para determinar o regime hídrico de um local, sem necessidade de medidas diretas das condições do solo.

As entradas geralmente são representadas pela precipitação, orvalho, escoamento superficial, drenagem lateral e ascensão capilar, as saídas por perdas, representadas pela evapotranspiração, escoamento superficial, drenagem lateral e drenagem profunda (SENTELHAS et al., 1999).

Segundo Rolim et al., (1998) o balanço hídrico é uma ferramenta empregada em distintas áreas do conhecimento. Por exemplo: na meteorologia agrícola, delimita áreas de mesmo potencial hídrico; na irrigação, determina as deficiências hídricas de uma região; na hidrologia, estuda as bacias hidrográficas, dimensionando reservatórios. Os resultados de um balanço hídrico podem ser utilizados para fins de zoneamento agroclimático, demanda potencial de água das culturas irrigadas e no conhecimento do regime hídrico.

Mais recentemente uma das aplicações do balanço hídrico tem sido no diagnóstico do estado de conservação de recursos naturais em bacias hidrográficas, denominado DFC, metodologia esta proposta pelo Centro

Interamericano de Desenvolvimento de Águas e Terras (CIDIAT) e pelo Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (MARNR) da Venezuela e adaptada ao Brasil por Beltrame (1994).

2.3- Escoamento Superficial

O escoamento superficial tem origem, fundamentalmente, nas precipitações. Ao chegar ao solo, parte da água infiltra, parte é retida pelas depressões do terreno e parte escoar pela superfície. Inicialmente a água tende a se infiltrar; tão logo a intensidade da chuva exceda a capacidade de infiltração do terreno, a água é coletada pelas pequenas depressões. Quando o nível à montante se eleva e superpõe ou destrói o obstáculo, o fluxo se inicia, seguindo as linhas de maior declive, formando sucessivamente as enxurradas, córregos, ribeirões, rios e reservatórios acumulativos. É, possivelmente, das fases básicas do ciclo hidrológico, a de maior importância para a maioria dos estudos hidrológicos, pois está ligada ao aproveitamento da água superficial e à proteção contra os efeitos causados pelo seu deslocamento.

O escoamento superficial também é citado como precipitação efetiva, Tucci (2007), termo esse referente ao fato de que é a porcentagem real da precipitação que se incide diretamente no escoamento do afluente.

Segundo Barreto-Neto & Souza Filho (2003), o estudo do escoamento superficial, promove a concepção de prognósticos sobre o comportamento da precipitação efetiva a partir de mudanças no uso do solo, tais como: substituição de florestas por pastagem, ampliação de área com culturas agrícolas, mudanças nas espécies agrícolas, entre outras, antes mesmo destas trocas serem perpetradas na bacia real. Muitas práticas utilizadas para o controle da erosão priorizam o controle da velocidade e do volume de escoamento superficial, pois este carrega consigo nutrientes, defensivos agrícolas, material orgânico e sementes, causando danos econômicos imediatos à agricultura.

As condições de escoamento de uma bacia hidrográfica sofrem grandes alterações, quando se transforma um solo outrora permeável numa superfície impermeabilizada, por meio da construção de edificações, da execução de

pavimento, ou pela realização de outras obras. O que se observa nesta nova situação, é que precipitações, mesmo de pequeno ou médio porte, têm provocado problemas de enchentes, principalmente nas grandes cidades (MOTTA, 1997).

2.4- Urbanização e Escoamento Superficial

No Brasil o processo de urbanização acelerada ocorreu após a década de 1960, gerando uma população urbana com infra-estrutura inadequada. Atualmente o Brasil apresenta uma taxa de população urbana de 80%, próxima à saturação (TUCCI, 1995). Segundo Milograna (2001), o Brasil deve contar com pelo menos duas cidades com mais de dez milhões de habitantes, sendo que em 1997, pelo menos doze já possuíam mais de um milhão de habitantes. Segundo Tucci (2000), cada habitante que participa do êxodo rural, aumentando a população urbana, é responsável pela transformação, em média, de 0,005 ha (50 m²) de área rural em urbana.

Para Tucci et al., (1995), com o desenvolvimento urbano, ocorre a impermeabilização do solo através de telhados, ruas, calçadas e pátios, entre outros. Dessa forma, a parcela da água que infiltrava passa a escoar pelos condutos, aumentando o escoamento superficial. O volume que transitava lentamente pela superfície do solo e ficava retido pelas plantas, com a urbanização passa a escoar no canal, exigindo maior capacidade de escoamento das seções.

Ainda segundo Tucci (1997), à medida que a cidade se urbaniza, em geral ocorre:

- Aumento das vazões máximas devido ao aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização das superfícies;
- Redução da infiltração no solo devido à impermeabilização das superfícies e como consequência, diminuição do nível dos aquíferos;
- Aumento da produção de sedimentos devido à desproteção das superfícies e à produção de resíduos sólidos (lixo);

- Deterioração da qualidade da água devido à lavagem das ruas, o transporte de material sólido e às ligações clandestinas de esgoto sanitário ao sistema de drenagem de água pluvial.

A consequência mais visível às modificações de cobertura nas áreas rurais e urbanas são as enchentes. As inundações urbanas, segundo o mesmo autor, são decorrentes de dois processos: as inundações em áreas ribeirinhas e as enchentes devido à urbanização. Estes dois processos podem ocorrer de forma isolada ou integrada.

As enchentes decorrentes da urbanização se devem às diversas modificações na bacia que ocorrem durante o processo de urbanização. Podem ainda haver inundações localizadas, provocadas por estrangulamentos das seções de rios, por remanso ou por erros de execução em projetos de drenagem (TUCCI, 1995).

Spin (1995) afirma que no seu conjunto, as atividades urbanas, a densidade da forma urbana e os materiais impermeáveis com os quais são construídos, o padrão de assentamento e suas relações com a rede de drenagem natural e o projeto dos sistemas de drenagem, produzem um regime hídrico urbano característico. O escoamento superficial abundante e rápido dos temporais cria vazões de água extremamente altas durante e imediatamente após as chuvas, gerando o descontrole das enchentes.

Chow et al., (1988), resumiram os efeitos da urbanização nos processos hidrológicos de duas formas:

- A quantidade de água escoada aumenta na mesma proporção em que aumenta as áreas impermeabilizadas e, como consequência, há a redução do volume de água infiltrada;
- A velocidade da drenagem superficial e o tempo de pico das enchentes aumentam devido à maior eficiência do sistema de drenagem.

Tucci & Clarke (1998) também tratam da questão da impermeabilização de bacias urbanas. Os autores descrevem que com o aumento da densidade populacional, necessita-se de mais infra-estrutura e de novas técnicas de construção, que afetam diretamente o meio ambiente.

A ocupação intensiva de áreas anteriormente consideradas rurais tem vários efeitos sobre o ciclo hidrológico, como o aumento do escoamento médio superficial, e como consequências, o aumento das enchentes, a redução da

evapotranspiração e do escoamento subterrâneo o aumento da produção de sedimentos e materiais sólidos, a degradação da qualidade das águas fluviais e a contaminação dos aquíferos (TUCCI, 2007).

2.5- Influência da Cobertura Vegetal

As perturbações ambientais em massa causadas pelo homem têm alterado e destruído a paisagem em larga escala, levando espécies e mesmo comunidades inteiras à extinção local. As maiores ameaças à diversidade biológica provenientes da atividade humana são: destruição, fragmentação, degradação do habitat (incluindo poluição), super exploração das espécies para uso humano, introdução de espécies exóticas e aumento de ocorrência de doenças (PRIMACK & RODRIGUES, 2002).

A cobertura florestal tem uma importância significativa dentro do contexto do balanço hídrico de um determinado local e pode, significativamente, alterar o mecanismo de entrada de água na superfície do solo. O formato da cobertura vegetal, área foliar, e mais controversamente discutido, a estrutura da casca são considerados fatores chaves para a capacidade de armazenamento de água no dossel, que podem afetar a interceptação das chuvas. A queda dessas chuvas sobre vales ou terrenos montanhosos pode seguir diversos caminhos no movimento colina em direção aos cursos d'água. No entanto, o tipo, extensão e condições de vegetação exercem uma marcada influência nos modelos de deposição e quantidade das precipitações pluviais que alcançam a superfície do solo. Então, toda modificação de uma cobertura florestal decorrente da intervenção do homem ou do seu desenvolvimento natural afeta a quantidade de água que chega ao solo e sua reserva (LIMA & NICOLIELO, 1983; BROOKS et al., 1991; HUBER & OYARZÚN, 1992; GASH et al., 1995 e VAN DIJK & BRUIJNZEEL, 2001).

Silva et al., (2004), ressaltando a importância da preservação da vegetação natural afirma que, sob condições naturais as copas das árvores, a vegetação de sub bosque e, principalmente, a serrapilheira de uma floresta fazem o papel de amortecedores da energia cinética contida na gota da chuva, impedindo o contato direto entre a gota da água e as partículas do solo

e evitando o primeiro passo do processo erosivo, que é a erosão por salpicamento.

Medinilha (1999) aponta ainda, que as principais funções da vegetação são desempenhadas pela mata ciliar e estas são: redução das perdas do solo provenientes de processos erosivos e de solapamento das margens dos rios; ampliação dos refúgios e fontes de alimentação para as faunas silvestre, terrestre e aquática; garantia da perenidade das fontes e nascentes; proteção dos cursos d'água do transporte de defensivos, corretivos e fertilizantes; melhoria da qualidade e da quantidade de água para consumo humano e agrícola; promoção do repovoamento faunístico das florestas plantadas e dos cursos d'água.

Como as áreas florestadas não perturbadas são a melhor condição desejada do ponto de vista da proteção dos recursos hídricos, o monitoramento hidrológico das microbacias com vegetação natural remanescente serve como referência para a comparação com outras microbacias impactadas, por isso, diversos estudos sobre a qualidade da água em microbacias têm sido realizados (PINEDA & SCHAFER, 1987; ARCOVA & CICCIO, 1999; SOUZA & TUNDISI, 2000; PRIMAVESI et al., 2002).

2.6- Geoprocessamento: Sistemas de Informação Geográfica

De acordo com Novo (1995), sensoriamento remoto é a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves e satélites, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações.

O sensoriamento remoto, segundo definição de Florenzano (2002), é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre, através da captação e/ou do registro da energia refletida ou emitida pelos alvos. A origem dessa tecnologia vincula-se ao surgimento das primeiras fotografias aéreas. Já o primeiro satélite lançado com instrumentos meteorológicos foi o Vanguard 2, em fevereiro de 1959 (KIDDER & HAAR, 1995).

Imagens orbitais obtidas por diversos tipos de satélite podem ser ferramentas úteis para avaliação da distribuição espacial e do *status* de componentes ambientais. Por sua vez, os corpos hídricos são elementos que apresentam potencial para aplicações práticas de sensoriamento remoto orbital, tanto pelas suas facilidades em interagir com a energia eletromagnética como pela sua importância estratégica.

O termo geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. As ferramentas computacionais para Geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes ao criar bancos de dados georeferenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos (CAMARA et al., 2001).

Observa-se então que os sistemas de informação geográfica – SIG – se consolidam gradativamente como poderosas ferramentas para a gestão e a tomada de decisão ambiental. A justificativa para a utilização dos SIG como apoio à participação pública na tomada de decisão ambiental vem da constatação de que, para o entendimento de um problema, geralmente, se utilizam gráficos e imagens, para que se possa ter um melhor entendimento da problemática, do que a partir de tabelas dos mais diversos tipos. Imagens ou mapas transmitem a informação de forma muito mais sucinta, substituindo parcialmente as tabelas, documentos ou equações matemáticas.

2.8- Estruturas de Monitoramento Hidráulico (Vertedouros e Bueiros)

A hidráulica constantemente está associada ao desenvolvimento das atividades e ocupação humana, considerando que o controle do recurso hídrico é essencial para o estabelecimento dos centros urbanos.

Essa necessidade do uso de ferramentas de controle dos recursos hídricos fez com que se desenvolvessem estruturas que tanto atuam na condução, quando na reservação e controle do curso de água, sendo o

vertedouro um exemplo de estrutura associada à reservação, condução e controle de vazão (CIRILO, et al., 2003).

Assim, por definição, entende-se que vertedouros são estruturas hidráulicas destinadas a efetuar as descargas das águas excedentes dos reservatórios sem ocasionar danos a barragem ou às outras estruturas hidráulicas existentes. Eles podem se apresentar de diferentes formas e constituintes, variando de acordo com a natureza do projeto, sendo de parede delgada ou espessa, feitos de metal ou alvenaria (CIRILO, et al., 2003).

A determinação da vazão consiste em uma etapa fundamental no processo de caracterização das condições hidrológicas e na avaliação da disponibilidade hídrica de uma bacia, existindo várias técnicas para obtê-la (CUSTODIO & LLAMAS, 1976; RANTZ, 1982; ABNT, 1995; PORTO, 2001).

A quantificação precisa da entrada e saída de água na bacia hidrográfica é muito importante. A entrada pode ser obtida pela instalação de um número adequado de pluviômetros espacialmente distribuídos na bacia (SHIMOMECHI et al., 1987). Já a saída de água da bacia é determinada em estações fluviométricas equipadas com vertedores padronizados e aferidos em laboratório, que permitem a obtenção de valores da relação cota-vazão do curso d'água. Quando isso não é possível, recomenda-se fazer a calibragem do vertedor instalado próximo ao exutório da bacia, fazendo-se medições de velocidade da água e da área da seção molhada do vertedor para diferentes cotas fluviométricas (CICCO et al., 1987).

Existem alternativas simples, práticas e viáveis tecnicamente que são interessantes economicamente para determinação de pequenas vazões. Trata-se de vertedouros portáteis, que foram inicialmente sugeridos pelo Serviço Geológico Americano - USGS (RANTZ, 1982).

2.8- Modelagem

Um modelo hidrológico pode ser definido como uma representação matemática do fluxo de água e seus constituintes sobre alguma parte da superfície terrestre. Há uma estreita relação entre a modelagem hidrológica, a biológica e a ecológica, pois o transporte de materiais pela água é influenciado por atividades biológicas que podem aumentar ou diminuir a quantidade desses

materiais na água, e o regime do fluxo de água pode afetar diversos habitats. Além disso, a hidrologia está estreitamente relacionada às condições climáticas e, portanto, modelos hidrológicos e atmosféricos deveriam estar acoplados, sendo que, na prática, um estreito acoplamento torna-se bastante difícil, uma vez que modelos atmosféricos trabalham com resoluções espaciais muito maiores que as utilizadas na modelagem hidrológica (MAIDMENT, 1993).

Um modelo pode ser considerado como uma representação simplificada da realidade, auxiliando no entendimento dos processos que envolvem esta realidade. Os modelos estão sendo cada vez mais utilizados em estudos ambientais, pois ajudam a entender o impacto das mudanças no uso e cobertura da terra e prever alterações futuras nos ecossistemas.

Os processos ambientais no mundo real são geralmente bastante complexos e são tipicamente tridimensionais e dependentes do tempo. Tal complexidade pode incluir comportamentos não lineares e componentes estocásticos sobre múltiplas escalas de tempo e espaço. Pode-se haver um entendimento qualitativo de um processo particular, mas o entendimento quantitativo pode ser limitado. A possibilidade de expressar os processos físicos como um conjunto de equações matemáticas detalhadas pode não existir, ou as equações podem ser muito complexas, exigindo simplificações para seu uso (STEYAERT, 1993).

Machado, (2002) e Pessoa et al., (1997) afirmam que a crescente demanda no uso, proposição e validação dos modelos matemáticos e simuladores, cada vez mais próximos da realidade, reside nas vantagens obtidas com o emprego dessa técnica, a saber: baixo custo, velocidade, informação completa, criação de cenários diversificados e proposição de cenários ideais. Na construção desses modelos podemos destacar: Método da Curva Número, Método Racional e Método Racional Modificado.

2.9- Qualidade da Água

O desenvolvimento industrial, aliados à migração do homem do campo para os centros urbanos, tem gerado graves problemas para os corpos da água localizados próximos ou nas cidades. Entre os impactos que podem ser observados destacam-se aqueles oriundos da deficiente gestão das bacias

hidrográficas, como desflorestamento de áreas próximas aos corpos d'água e lançamento de efluentes sem tratamento (PELAEZ-RODRIGUEZ, 2001). A remoção de áreas florestadas tem causado aumento significativo dos processos que levam à degradação de imensas áreas, com prejuízos à hidrologia e à biodiversidade (BUENO et al., 2005).

Nas últimas décadas observou-se que o uso desordenado da água tem gerado sérios problemas principalmente nos centros urbanos. A crescente contaminação dos corpos d'água, causada pelo despejo de efluentes domésticos e industriais, vem causando o esgotamento destes recursos (SIMONASSI, 2001).

O impacto causado pelo lançamento de esgotos domésticos em corpos d'água ocorre pela diminuição da concentração de oxigênio dissolvido disponível na água e não apenas devido à presença de substâncias tóxicas nesses despejos (SILVA, 2004).

As características físicas e químicas de todo corpo d'água são determinadas, em grande parte, pelo clima, geomorfologia e condições geoquímicas prevalentes na bacia de drenagem. O intemperismo de rochas é, geralmente, determinante das características químicas das águas, e essas variam com a geologia e com a intensidade das entradas por outras vias, incluindo, a precipitação pluviométrica e os poluentes (PELAEZ-RODRIGUEZ, 2001).

A qualidade da água é o reflexo do efeito combinado de muitos processos que ocorrem ao longo do curso d'água (PETERS e MEYBECK, 2000). É resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem. De maneira geral, pode-se dizer que a qualidade de uma determinada água é função do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica (SPERLING, 1996). Além das características e os diferentes usos de solos, os períodos de amostragem (seco ou chuvoso) influenciam no resultado obtido da qualidade da água das microbacias (DONADIO et al., 2005).

O processo de avaliação da qualidade de água pode ser representado através de diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas, diretamente relacionadas com a proposta de uso da água, ou seja, os parâmetros a serem medidos para

avaliação da qualidade serão escolhidos considerando o uso à ser dado a água (NETO, 2006; SPERLING, 1996).

2.10- Variáveis da Qualidade da Água

2.10.1- Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH é uma característica importante a ser controlada em um manancial, visto que influencia nos processos biológicos que ocorrem no meio aquático, bem como na toxicidade de alguns compostos nele presentes (NAIME e FAGUNDES, 2005). Valores de pH afastados da neutralidade: podem afetar a vida aquática (ex: peixes) e os microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos (SPERLING, 1996).

2.10.2- Temperatura

A variação da temperatura da água influencia em algumas propriedades físicas da água como a densidade, viscosidade e oxigênio dissolvido, com reflexos para a vida aquática (LIRA, 2008). Segundo Sperling (1996), a temperatura tem uma grande influencia no metabolismo microbiano, afetando, por conseguinte, as taxas de estabilização da matéria orgânica. O aumento da temperatura reduz a solubilidade (concentração de saturação) do oxigênio no meio líquido.

2.10.3- Turbidez:

A turbidez de uma amostra de água representa o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (e esta redução se dá por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido à

presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral. (CETESB, 2010).

O aumento da turbidez pode ter origem natural, por meio de partículas de rocha, argila e silte, algas e outros microorganismos. Também pode ter origem antropogênica, por meio de despejos domésticos, despejos industriais, microorganismos e erosão. A turbidez não traz inconvenientes sanitários diretos quando é de origem natural. Porém, é esteticamente desagradável na água potável, e os sólidos em suspensão podem servir de abrigo para microorganismos patogênicos (diminuindo a eficiência da desinfecção). Já a turbidez de origem antropogênica pode estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos. Em corpos d'água pode reduzir a penetração da luz, prejudicando a fotossíntese (SPERLING, 1996).

Os esgotos sanitários e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas. Um exemplo típico deste fato ocorre em consequência das atividades de mineração, onde os aumentos excessivos de turbidez têm provocado formação de grandes bancos de lodo em rios e alterações no ecossistema aquático (CETESB, 2010).

A erosão das margens dos rios em estações chuvosas é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas. A erosão pode decorrer do mau uso do solo em que se impede a fixação da vegetação. Este exemplo mostra também o caráter sistêmico da poluição, ocorrendo inter-relações ou transferência de problemas de um ambiente (água, ar ou solo) para outro (CETESB, 2008).

2.10.4- Sólidos Totais

A presença de materiais em suspensão e a cor da massa líquida diminuem a transparência das águas, podendo reduzir significativamente a energia luminosa disponível para a fotossíntese. A diminuição da transparência afeta negativamente o aspecto estético das águas, principalmente as poluídas, que passam a ter seu uso comprometido, inclusive para fins industriais (NAIME e FAGUNDES, 2005).

2.10.5- Oxigênio Dissolvido

O oxigênio é um dos gases que se encontra dissolvido em águas superficiais naturais. A quantidade de oxigênio dissolvido na água varia naturalmente, uma vez que este depende de temperatura, salinidade, turbulência da água, e a pressão atmosférica (decrecente com altitude). A concentração de oxigênio dissolvido está sujeito a flutuações sazonais e diárias e que são devidos, em parte, às variações de temperatura, atividade fotossintética e descargas fluviais. As decomposições de resíduos orgânicos por microrganismos e a oxidação de resíduos inorgânicos podem reduzir as concentrações de oxigênio dissolvido.

O oxigênio nas águas é proveniente de duas fontes: a fotossíntese e a aeração. A fotossíntese é o processo no qual o dióxido de carbono (que pode ser derivado de HCO_3^-), é convertido em matéria orgânica e em oxigênio pelas plantas clorofiladas em presença de luz solar difusa ou direta (LIRA, 2000).

A aeração consiste na difusão do ar atmosférico na água, com conseqüente aumento do teor de oxigênio da mesma. Na ausência de fotossíntese, o oxigênio da atmosfera é constantemente consumido para a oxidação da matéria orgânica até não restar nenhum oxigênio livre (LIRA, 2000).

A determinação do oxigênio dissolvido é de fundamental importância para avaliar as condições naturais da água e detectar impactos ambientais, como eutrofização e poluição orgânica. Sua disponibilidade é necessária para a respiração da maioria dos organismos que habitam o meio aquático (LIRA, 2008).

2.10.6- Condutividade Elétrica

A condutividade é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir corrente elétrica, sendo dependente das concentrações iônicas e da temperatura. Esta característica indica a quantidade de sais existentes na

coluna d'água, e, portanto, representando uma medida indireta da concentração de poluentes, fornecendo também uma boa indicação das modificações na composição da água, especialmente na sua concentração mineral (CETESB, 2010).

A condutividade elétrica indica a concentração de elementos eletricamente carregados (íons) cujas fontes podem ser, além dos esgotos lançados, às decorrentes da erosão de solos que entram em contato com a água devido à ausência das matas ciliares (PINTO et al., 2005). No entanto, Lira (2000) relata que os valores de condutividade de um lago estão mais relacionados às condições geoquímicas da área do que ao seu estado trófico (LIRA, 2000).

Em corpos d'água poluídos por esgotos domésticos, a condutividade elétrica se relaciona com a matéria orgânica de origem alimentar, fecal e dos resíduos em geral, que incorporam sais à água (BLUNDI, 1988; apud MAGALHÃES et al., 2006).

2.10.7- Nitrogênio

O nitrogênio é um elemento do metabolismo de ecossistemas aquáticos, contribuindo para a formação das proteínas e podendo atuar como fator limitante na produção primária. Do ponto de vista sanitário, esse elemento, ao ser incorporado a qualquer água, aumenta a proliferação de microrganismos, podendo aumentar a demanda bioquímica de oxigênio DBO do sistema. O N-total demonstra a contribuição total de nutrientes em água e o nível de eutrofização da mesma. (PALMA-SILVA, 1999, apud DONADIO et al., 2005). Segundo Sperling (1996), esse elemento é indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos (processo denominado eutrofização).

Formas reduzidas de nitrogênio são oxidadas em águas naturais, afetando os índices de oxigênio dissolvido e aumentando a produtividade e o crescimento de algas em águas naturais em termos de crescimento de algas (HAHN et al., 2001).

Em um curso d'água, a determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer indicações sobre o estágio da poluição eventualmente ocasionada por algum lançamento de esgotos a montante. Se esta poluição é recente, o nitrogênio estará basicamente na forma de nitrogênio orgânico ou amônia (SPERLING, 1996). Valores elevados de amônia sugerem poluição recente ou próxima dos pontos de amostragem (SILVA et al., 2004).

2.10.8- Fósforo

Determinações de fósforo são extremamente importantes na avaliação da produtividade biológica das águas superficiais, e em várias áreas tem sido estabelecidos limites de quantidades de fósforo que podem ser descartadas nos corpos d'água, particularmente lagos e reservatórios (SAWYER et al., 1997; apud HAHN et al., 2001). Assim como o nitrogênio, o fósforo em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos (eutrofização) (SPERLING, 1996).

2.10.9- Coliformes totais

Os coliformes totais são um grupo de bactérias indicadoras de organismos originários do trato intestinal humano e outros animais homeotérmicos. São constituídas por bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, capazes de crescer na presença de sais biliares ou outros compostos ativos de superfície (surfactantes), com propriedades similares de inibição de crescimento, e que fermentam a lactose com produção de aldeído, ácido e gás a 35°C em 24-48 horas. O grupo inclui os seguintes gêneros: *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella*. (THOMANN E MUELLER, 1987; apud SPERLING, 1996).

2.10.10- Coliformes fecais (termotolerantes)

Os coliformes fecais (CF) constituem um indicador microbiológico de contaminação da água por esgotos domésticos, mundialmente utilizado (ALMEIDA, 2004; LIRA, 2000), uma vez que estão presentes nas fezes de animais homeotérmicos. São capazes de se desenvolver e fermentar a lactose com produção de ácido e gás à temperatura de $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ em 24 horas. O principal componente deste grupo é *Escherichia coli*, sendo que alguns coliformes do gênero *Klebsiella* também apresentam essa capacidade (APHA, 1995).

2.11- Instrumentos de Gestão em Recursos Hídricos

A Legislação Brasileira sobre os limites de contaminantes na água existe desde a década de 1970 pela portaria GM 013. A legislação ambiental vigente – Resolução CONAMA nº 357 de 17 de junho de 2005 – classifica as águas do território brasileiro, de acordo com a sua salinidade e de diferentes usos a que se destinam.

A resolução CONAMA 357/2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

O enquadramento dos corpos d'água em classes de acordo com os usos a que se destinam, visa estabelecer um sistema de vigilância sobre os níveis de qualidade da água dos mananciais, permitindo a formulação de metas de qualidade a serem alcançadas (LIRA, 2000).

Tais classes são descritas, de acordo com a resolução CONAMA 357/2005 como:

- **Classe especial:** águas destinadas: ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;

- **Classe 1:** águas que podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em terras Indígenas;
- **Classe 2:** águas que podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca;
- **Classe 3:** águas que podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais;
- **Classe 4:** águas que podem ser destinadas: à navegação; e à harmonia paisagística.

As premissas da resolução CONAMA 357/2005 visam garantir o controle da poluição e estão diretamente relacionadas com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida, levando em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental exigidos para um determinado corpo de água. Dessa forma fica assegurada às águas, a qualidade compatível com os usos mais exigentes, objetivando também, diminuir os custos de combate a poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.

3 - Materiais e Métodos

3.1 - Área Estudada

Um dos principais afluentes do rio Tapacurá é o riacho do Natuba, desembocando na margem direita, já dentro da área urbana de Vitória de Santo Antão (Figura 01).

A bacia do riacho Natuba possui 39 km² de área de drenagem dividindo-se em Alto, Médio e Baixo Natuba (BRAGA, 2001). O seu curso principal tem a extensão de 17,5 km, tendo a sua primeira nascente na Mata do Ronda (SILVA, 2007). Um detalhamento fisiográfico desta sub-bacia é dado por Souza et al., (2008)

O riacho Natuba encontra-se inserido na microrregião de Vitória de Santo Antão e a sub-bacia do Alto Natuba encontra-se especificamente inserida nos limites do município de Pombos. (Figura 02).

O município de Pombos está inserido na Mesorregião da Mata Sul do Estado de Pernambuco, limitando-se a norte com Passira, a sul com Primavera, a leste com Vitória de Santo Antão, e a oeste com Gravatá e Chã Grande.

A área municipal ocupa 235,1 km² e representa 0,24 % do Estado de Pernambuco. Está inserido na Folha SUDENE em mapa planialtimétrico de Vitória de Santo Antão na escala 1:100.000 (SUDENE, 1978).

A sede do município tem uma altitude aproximada de 208 metros. As coordenadas geográficas são 08° 08' 29" de Latitude Sul e 35 °23' 45" de Longitude Oeste, distando 59,9 km da capital, cujo acesso é feito pela BR-232.

O município foi criado pela Lei Estadual n. 4.989 (Pernambuco, 1963), sendo este, formado pela sede e os distritos de: Dois Leões e Nossa Senhora do Carmo.

De acordo com o censo 2000 do IBGE, a população residente total é de 23.351 habitantes sendo 13.979 (59,9%) na zona urbana e 9.372 (40,1%) na

zona rural. Os habitantes do sexo masculino totalizam 11.687 e do sexo feminino totalizam 11.664, resultando em igual participação percentual (50,0%), implicando numa densidade demográfica de 99,3 hab/km².

Geomorfologicamente Pombos faz parte da unidade das Superfícies Retrabalhadas que é formada por áreas que têm sofrido retrabalhamento intenso, com relevo bastante dissecado e vales profundos. Tal região é formada pelo “mar de morros” que antecede a Chapada da Borborema, com solos pobres e vegetação de floresta *hipoxerófila* (CPRM, 2005).

O clima de Pombos segundo Thornthwaite (1948) é seco sub-úmido. O período chuvoso começa em março com término em julho. A precipitação média anual é de 930 mm. A vegetação é predominantemente do tipo *Floresta Sub-perenifólia*, com partes de *Floresta Hipoxerófila*. Os solos dessa unidade geoambiental são representados pelos *Latossolos* nos topos planos, sendo profundos e bem drenados; pelos *Podzólicos* nas vertentes íngremes, sendo de pouco a medianamente profundos e bem drenados e pelos *Gleissolos* de Várzea nos fundos de vales estreitos, com solos orgânicos e encharcados (CPRM, 2005).

O município de Pombos encontra-se inserido nos domínios da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe, na sub-bacia do Tapacurá. Os principais cursos d’ água no município têm regime de escoamento intermitente e o padrão de drenagem é o dendrítico (CPRM, 2005). Na bacia do Tapacurá encontra-se o reservatório de barragem do Tapacurá, estratégico para abastecimento de água à Região Metropolitana do Recife.

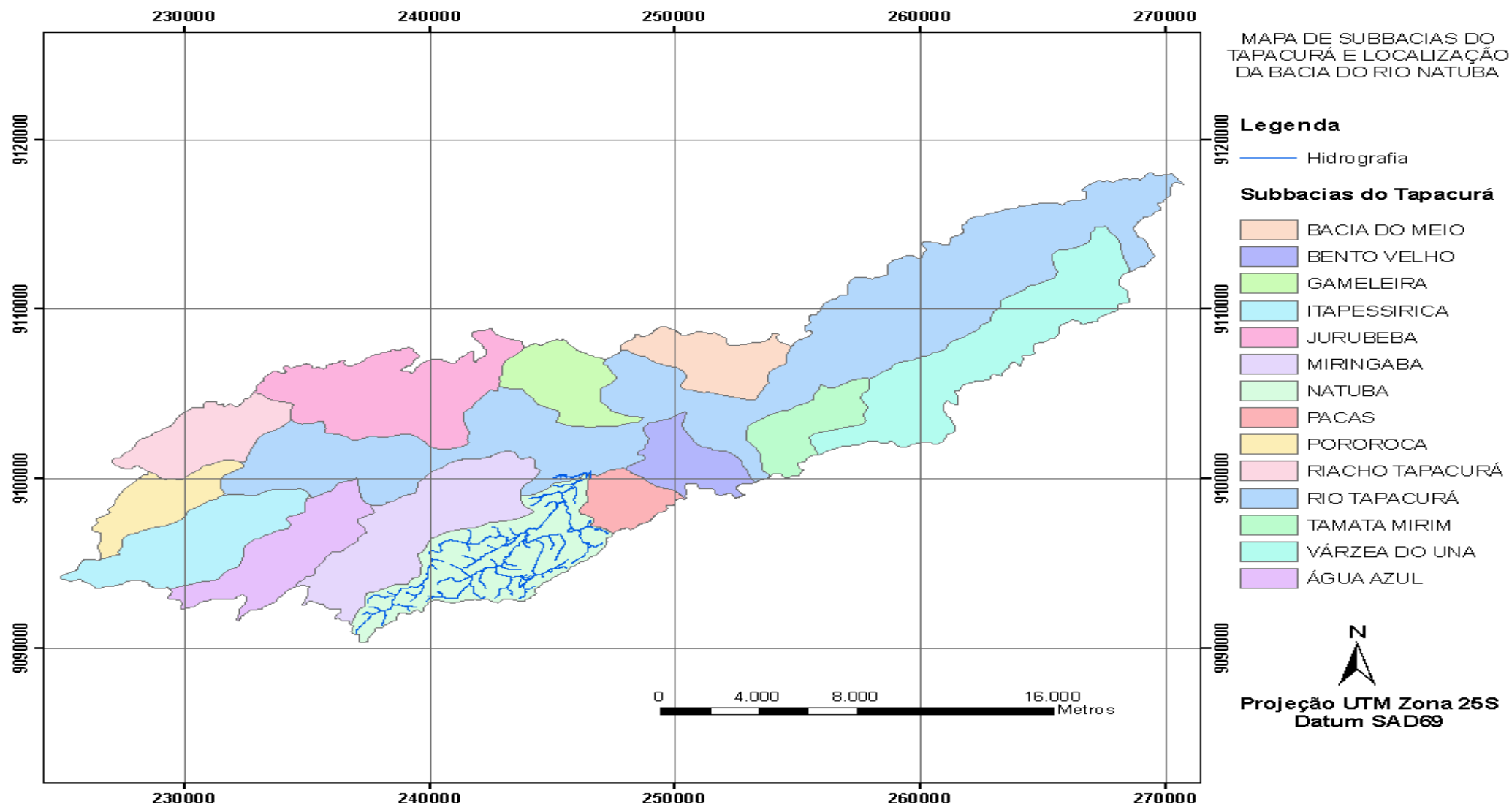
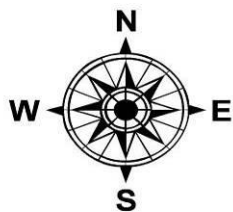


Figura 1 Principais sub-bacias do rio Tapacurá, dando ênfase, dentre os 13 afluentes, à sub-bacia do rio Natuba na margem direita.



Micro Região VITÓRIA - POMBOS

Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM
Datum Geodésico SAD - 69
Fuso - 25 Sul

1:290.000



0 4 8 16 Kilômetros

Figura 2 Ilustração do posicionamento do rio Natuba na perspectiva dos municípios de Pombos e Vitória de Santo Antão

No Alto Natuba encontra-se o assentamento Chico Mendes, do INCRA (Figura 03). Na área destaca-se a presença de um importante remanescente de Mata Atlântica, conhecido como Mata de Ronda, que possui cerca de 510 ha de extensão. A mata insere-se no assentamento também conhecido como “Ronda”; possuindo área de aproximadamente 1.600 ha (Figura.04) (BRAGA, 2005).

No Médio Natuba existem mais dois assentamentos, o Divina Graça e o Serra Grande, além do açude do Canha. Já no Baixo Natuba existem outros três assentamentos, esses ainda implantados pelo governo de Pernambuco, através do Fundo de Terras de Pernambuco (FUNTEPE). No Baixo Natuba existe intensa atividade de horticultura, com acentuado consumo de água.

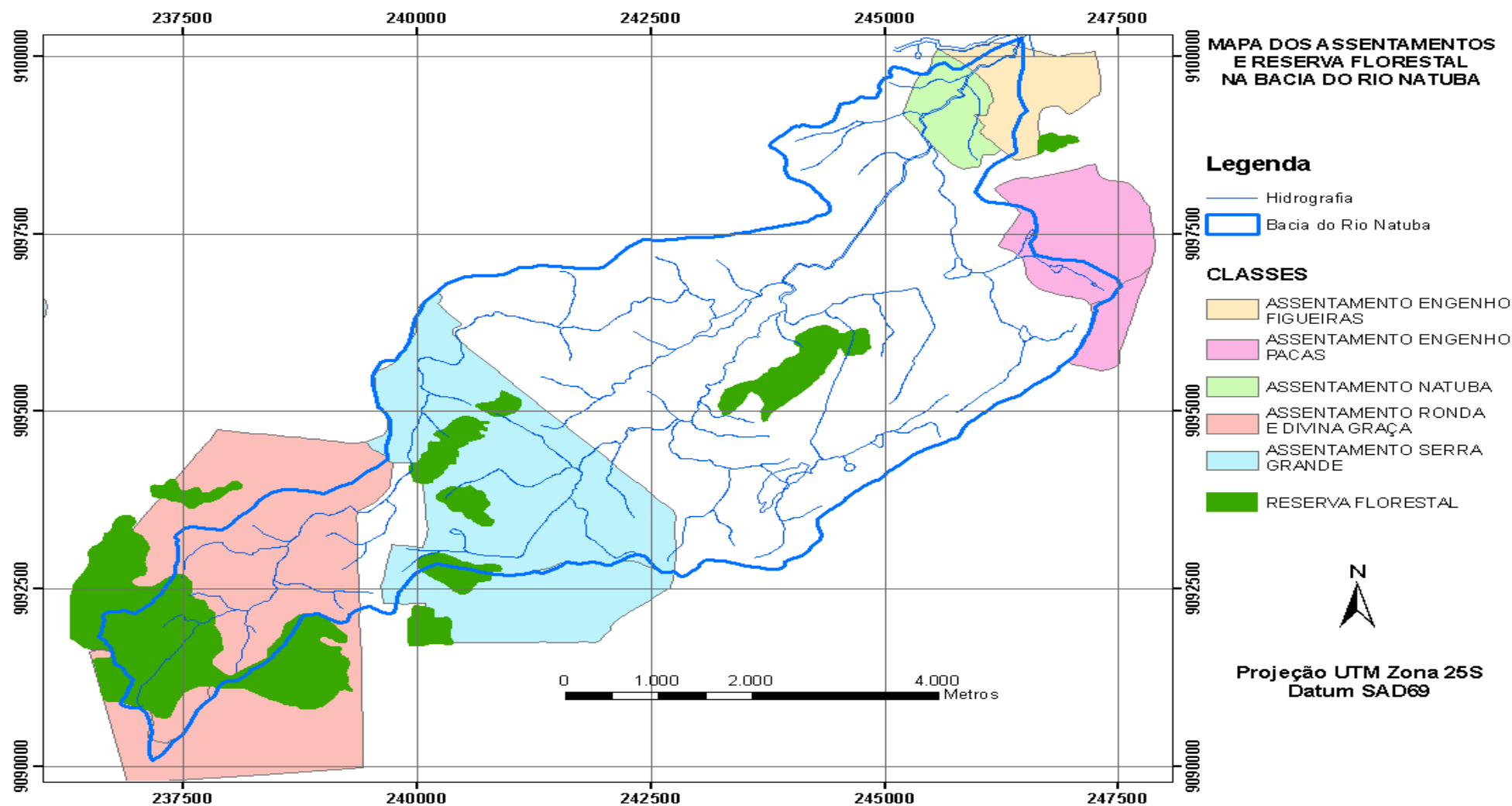


Figura 3 Localização do assentamento Chico Mendes (Ronda) em relação aos outros assentamentos da região.

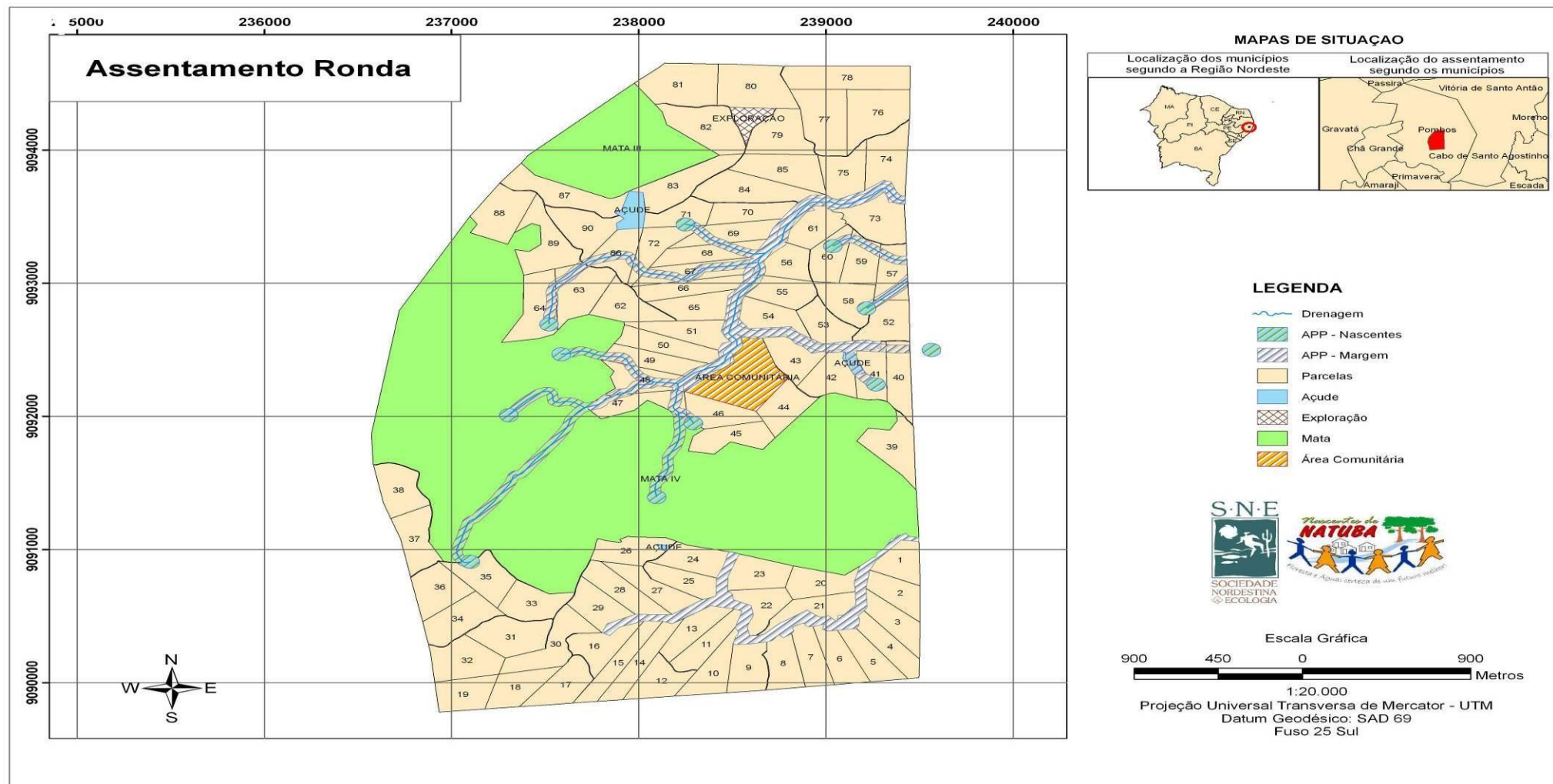


Figura 4 Planta do assentamento Chico Mendes, também conhecido como Ronda, podendo ser observada a área de Reserva Legal conhecida como, mata de Ronda (Fonte: SNE).

3.2 - Estudo Fisiográfico das Microbacias

No Alto Natuba foram escolhidas as três microbacias experimentais para realização desta pesquisa. Os estudos de caráter fisiográfico descritivo foram realizados como base nos mapas de altimetria da bacia do rio Tapacurá nas escalas de 1: 25.000, 1: 50.000 e 1: 100.000, elaborados pelo Projeto Gestão Ambiental da Bacia do Tapacurá (BRAGA, 2001). Assim como, as cartas topográficas da SUDENE (1974).

Com o auxílio do programa denominado Arc GIS 9.2, sua principal interface de edição (Arc Map) e seus *plug-ins* associados, foram gerados mapas, que subsidiaram os estudos.

Para este trabalho utilizou-se a ferramenta específica de interpolação localizada na interface das ferramentas de análise espacial, esta, chamada ANUDEM de atalho *Topo to Raster*. A versão do ANUDEM usada é 4.6.3.

A ferramenta *Topo to Raster* do ArcGis 9.2 é um subprograma gerador de grade regular formada pela quadriculação amostral. É um método da interpolação projetado especificamente para a criação dos modelos digitais hidrológicos referenciais da elevação (DEMs). É baseado no programa de ANUDEM desenvolvido por Hutchinson (1988, 1989).

A água é a força erosiva preliminar que determina a forma geral da maioria das paisagens. Por este motivo, a maioria das paisagens tem muitos cumes (máximos locais) e poucos dissipadores (mínimos locais), tendo como resultado um padrão de conectividade de drenagem. O *Topo Raster* (ANUDEM) usa este conhecimento das superfícies para impor confinamentos no processo da interpolação, provocando como resultado uma estrutura conectada de drenagem e uma representação correta dos cumes e dos córregos. Esta condição de impor a drenagem produz superfícies de uma exatidão mais elevada com menos dados de entrada.

Para o trabalho foi gerado um *Raster* a partir de um arquivo de altitude (curvas de nível) com espaçamento de 10 metros entre cada curva, correspondente à área conhecida como Alto Natuba. Tal área é uma região de grande importância, pois nesta, estão concentradas as principais nascentes do

riacho Natuba. A referência cartográfica foi a projeção universal transversa de Mercator (UTM) com *Datum* geodésico *South América 69*, fuso 25 sul.

Para remodelagem da malha hidrográfica e das microbacias de interesse a um nível mais exato, utilizou-se um MNT (Modelo Numérico de Terreno) e posteriormente executou-se a ferramenta Arc Hydro 9. O Arc Hydro Toolset é um conjunto de ferramentas que facilita a criação, manipulação e exibição das feições e corpos hídricos, caracterizando estes objetos dentro do ambiente ArcMap. As ferramentas provêm Raster, vetor, e funcionalidades de série de tempo, e muitos deles povoam os atributos das feições hidrológicas.

Em posse dos mapas e feições da sub-bacia do riacho Natuba, foram realizados estudos fisiográficos aplicados, a fim de se determinar as particularidades de cada uma das microbacias estudadas, como se verifica a seguir.

3.2.1 - Forma da microbacia

A forma da bacia fornece índices, como fator de forma, compacidade e conformação da bacia. O fator de forma é expresso como sendo a razão entre a largura média da bacia e o comprimento axial da mesma. O comprimento axial foi medido da seção exutória da bacia até seu ponto mais remoto, seguindo-se as grandes curvas do rio principal. A largura média foi obtida dividindo-se a área da bacia em faixas perpendiculares, onde o polígono formado pela união dos pontos extremos dessas perpendiculares se aproxima da forma da microbacia real. O fator de forma foi calculado seguindo descrições em Villela & Mattos (1975) e Tucci (2007):

$$K_f = \frac{\bar{L}}{L} \quad (1)$$

$$\bar{L} = \frac{A}{L} \quad (2)$$

Onde:

L = comprimento da bacia

$\bar{L}$ = largura média

A = Área da Bacia

3.2.2 - Índice de compacidade (Kc)

O índice de compacidade ou índice de Gravelius (Kc) é definido como sendo a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência do círculo de área igual à da bacia. Foi calculado seguindo descrições em Villela & Mattos (1975) e Tucci (2007):

$$K_c = \frac{P}{2\pi R} = \frac{0,28P}{\sqrt{A}} \quad (3)$$

Onde:

P = perímetro da bacia em km

A = área da bacia em km²

3.2.3 - Declividade da microbacia

O mapa de declividade foi gerado no Arc GIS 9.2, a partir de mapa altimétrico digital da área da bacia, em escala 1:25.000 (considerando-se os limites da bacia hidrográfica).

3.2.4 - Curva Hipsométrica

É a representação gráfica do relevo médio de uma bacia. Representa o estudo da variação da elevação dos vários terrenos da bacia com referência ao nível médio do mar. Essa variação pode ser indicada por meio de um gráfico, que mostra a porcentagem da área de drenagem que existe acima ou abaixo das várias elevações. A curva hipsométrica pode ser determinada pelo método das quadrículas ou planimetrando-se as áreas entre as curvas de nível. Nessa ocasião utilizou-se do geoprocessamento para determinação das áreas de diferentes altitudes, a partir do mesmo mapa altimétrico digital em escala 1:25.000 utilizado anteriormente.

3.2.5 - Elevação média da bacia

A variação da altitude e a elevação média de uma bacia são, também, importantes pela influência que exercem sobre a precipitação, sobre as perdas de água por evaporação e transpiração e, conseqüentemente, sobre o deflúvio médio. Grandes variações da altitude numa bacia acarretam diferenças significativas na temperatura média a qual, por sua vez, causa variações na evapotranspiração. Mais significativas, porém, são as possíveis variações de precipitação anual em função da elevação do terreno.

A elevação média é determinada por meio de um retângulo de área equivalente à limitada pela curva hipsométrica e os eixos coordenados; a altura do retângulo é a elevação média. Outro método é o de utilizar a equação:

$$E = \frac{\sum e \cdot a}{A} \quad (4)$$

Onde:

E= elevação média

e= elevação média entre duas curvas de nível consecutivas

a= área entre as curvas de nível

A= área total

Outro fator importante no estudo das elevações da bacia é a Altura Média da seção exutória, a qual representa uma carga potencial hipotética a que estão sujeitos os volumes de excesso de chuva e constitui um fator que afeta o tempo que levariam as águas para atingir a seção de controle. Essa altura é determinada pela diferença entre a elevação média e a elevação do leito na seção exutória.

3.2.6 - Densidade de Drenagem

A densidade de drenagem indica a eficiência da drenagem na bacia. É definida pela relação entre o comprimento total dos cursos de água e a área de

drenagem. Um valor alto da densidade de drenagem propicia uma resposta rápida da bacia a uma precipitação. Foi calculada seguindo descrições em Villela & Mattos (1975) e Tucci (2007):

$$D = \frac{L_T}{A} \quad (5)$$

Onde:

L_T = extensão total dos cursos d'água

A = área da bacia hidrográfica.

3.3 – Estudo e Caracterização da Cobertura do Solo

Utilizando-se das mesmas cartas topográficas de 1:25.000 e da ferramenta de vetorização (Editor) do programa ArcMap (Arc GIS 9.2) foi classificado o uso do solo nas microbacias. Para isso foram registrados os limites espaciais de cada tipo de uso pelo esforço amostral na coleta de pontos através do sistema de posicionamento geográfico (GPS). O aparelho utilizado foi o GPSMap 60Csx da Garmin, que é a evolução do GPSMAP 60Cs, um dos modelos mais populares para uso *outdoor* e marinho. Este modelo possui um cartão microSD removível para mapas detalhados em uma carcaça à prova de água bastante resistente. É possível carregar mapas e transferir rotas e *waypoints* através de conexão USB. Este modelo possui o novo receptor GPS de alta sensibilidade que permite a conexão com satélite mais rápido e permite ao usuário marcar sua localização em condições mais adversas como florestas e cânions profundos. O GPSMap 60Csx incorpora um altímetro barométrico para dados de elevação mais corretos e uma bússola eletrônica.

Para cada microbacia também foi feito um levantamento das principais espécies presentes, através do levantamento dos nomes vulgares, pesquisa bibliográfica e coletas de espécimes para posterior verificação no herbário do Centro de Ciências Biológicas da UFPE. Em nível de estudo estrutural da comunidade vegetal, foram realizados estudos dendrométricos. Foram realizadas medidas do DAP (diâmetro a altura do peito) em pelo menos 30 indivíduos dos variados extratos da comunidade vegetal, de cada microbacia experimental. O número amostral abordado se deve ao fato de que geralmente

considera-se este N em estudos ecológicos, como sendo o valor mínimo suficiente para se estabelecer uma conexão estatística com significância científica (PRIMACK & RODRIGUES, 2002). As espécies foram amostradas randomicamente e devido ao reduzido tamanho das microbacias, a forma de coleta apropriada foi o esforço amostral por deslocamento livre, sentido jusante – montante. O objetivo principal desta etapa não foi realizar um estudo completo de caracterização de comunidade florestal, mas estabelecer o perfil de cobertura vegetal característico de cada uma das três microbacias experimentais.

Basicamente o principal objetivo da dendrometria é a avaliação dos volumes de árvores isoladas ou do povoamento. O diâmetro ou a circunferência desempenham papel importante no cálculo do volume, área basal ou crescimento. Neste trabalho foram utilizadas técnicas para aferir o diâmetro ou a circunferência dos espécimes vegetais, medidas à altura do peito, convencionado como sendo a 1,30 m, simbolizados por DAP (diâmetro à altura do peito). Como a secção transversal do tronco se aproxima da forma circular, para propósitos práticos assume-se também tal forma, portanto:

$$C = 2 \times \pi \times R \quad \text{onde } C - \text{circunferência}$$

$$\pi - 3,1416$$

$$R - \text{raio da circunferência}$$

$$C = \pi \times d \quad \text{onde } d - \text{diâmetro}$$

$$CAP = \pi \times DAP^2 \quad \text{e} \quad DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

Em termos de área seccional (g) temos:

$$g = \frac{\pi \times d^2}{4}, \text{ substituindo-se } d \text{ por } \frac{C}{\pi} \text{ tem-se } g = \frac{C^2}{4 \times \pi}$$

Então:

$$g = \frac{\pi \times DAP^2}{4} \quad \text{ou} \quad g = \frac{CAP^2}{4 \times \pi} = \frac{CAP^2}{12,56637}$$

Deve-se levar em consideração que existem situações que nos obrigam a medir as árvores em locais diferentes da altura do peito. Tais ocasiões estão descritas na Figura 5.

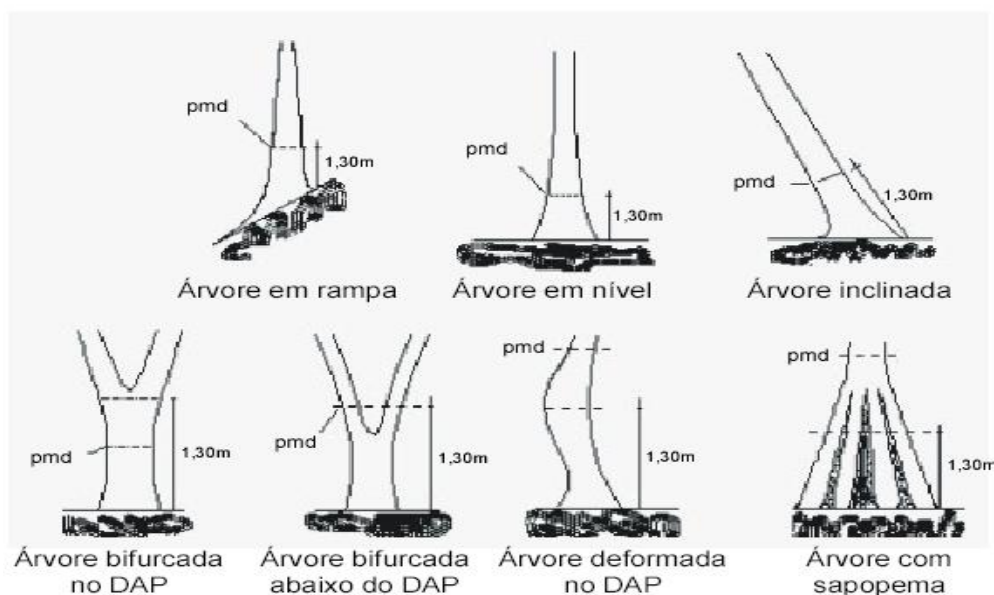


Figura 5 Metodologia de medição do DAP em função da forma e defeitos das árvores.

Para o levantamento da altura das árvores foi utilizado o método da superposição de ângulos iguais, onde coloca-se junto à árvore uma vara de comprimento conhecido, e com o braço distendido, o observador segura um objeto (ex. lápis) cuja imagem fará coincidir com a imagem da vara. Superpõe então uma imagem sobre a outra até completar a altura da árvore. Multiplica-se o número de imagens pelo comprimento da vara (x), obtendo-se a altura da árvore (Figura 6).

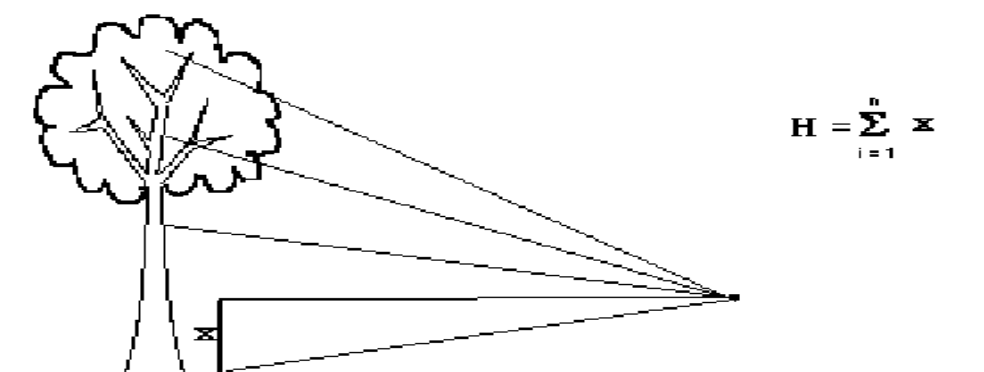


Figura 6 Ilustração do método da superposição de ângulos iguais, aonde o H final é o somatório do número de x partes constituintes.

3.4 - Estudo do comportamento pluviométrico

Para conhecer o comportamento pluviométrico da área em estudo fez-se necessário mensurar a precipitação, pois não existe posto pluviométrico ativo próximo da área com as mesmas características de altitude. Para tanto foi instalado um pluviômetro, tipo *Ville de Paris*, o qual o observador mensurou diariamente o total precipitado, e os valores observados foram registrados em uma planilha. Também foi instalado um sensor pluviométrico acoplado a uma Plataforma de Coleta de Dados (PCD), esta, com a função de registrar o total precipitado a cada 10 minutos. A PCD também possui um sensor de temperatura e umidade do ar e um sensor de nível. A PCD possui um *data logger* que irá armazenar as informações dos sensores, estes, alimentados através de painel solar, que garante autonomia de energia (Figura 07).

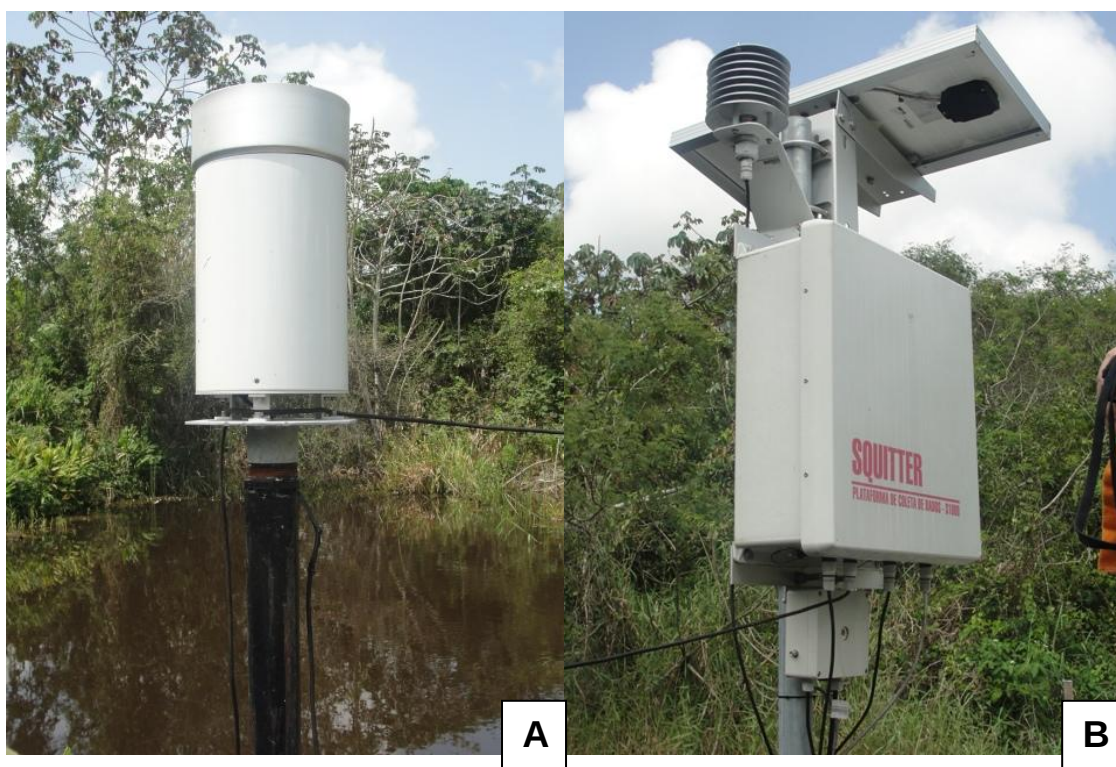


Figura 7 Pluviômetro de báscula da Squitter do Brasil (A) em conexão com a PCD Natuba onde fica instalado o data logger memory (B), ambos instalados na microbacia Natuba 2.

3.5 - Estudo do comportamento fluviométrico

Foram selecionadas três áreas a fim de utilizá-las como microbacias experimentais para monitoramento das características de quantidade e qualidade da água (Figura 08).

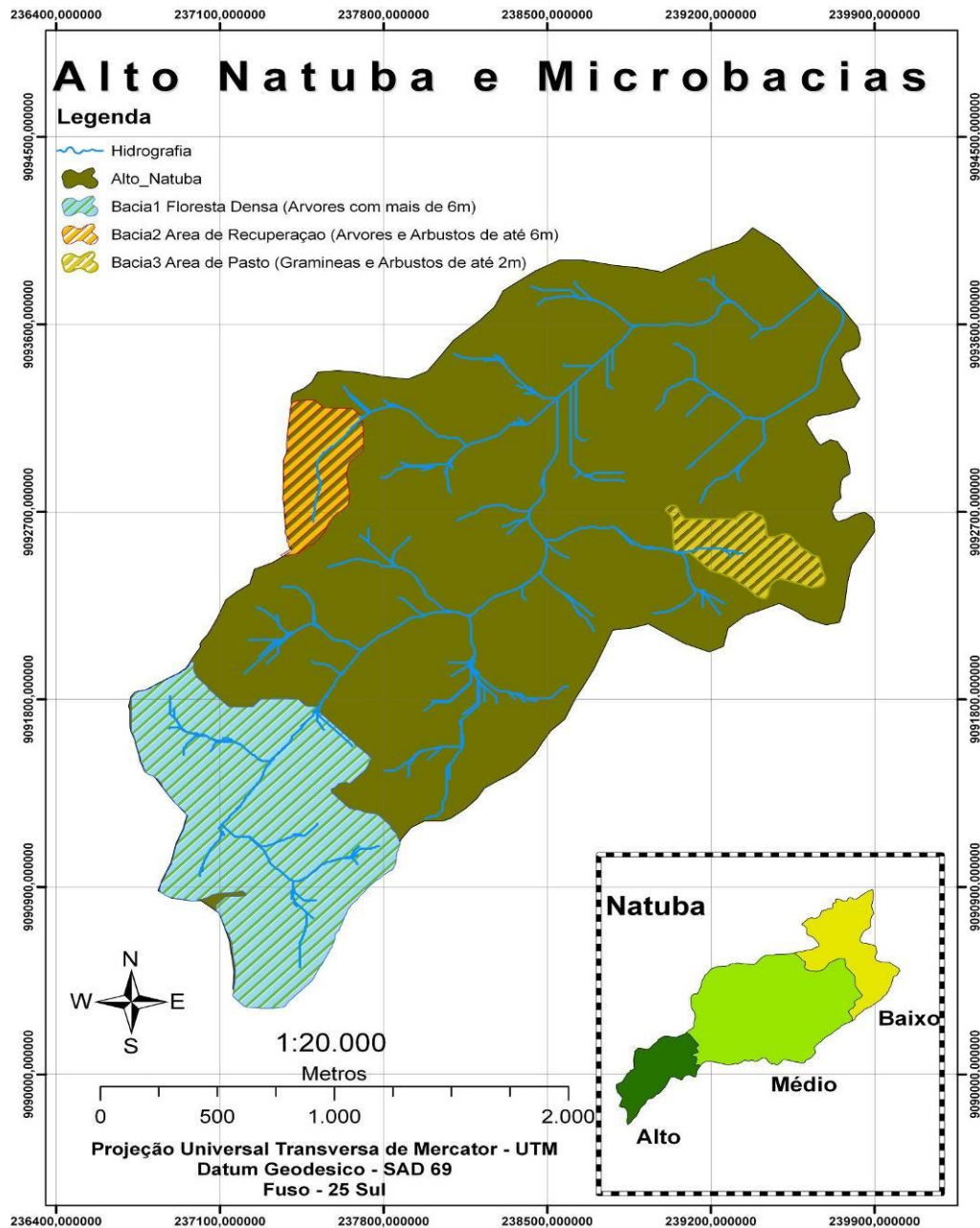


Figura 8 Distribuição das microbacias experimentais utilizadas para o monitoramento hidrológico realizado neste trabalho, sendo todas as áreas localizadas na sub-bacia do Alto Natuba.

A microbacia Natuba 1 possui aproximadamente 106 hectares de área de drenagem e foi classificada como microbacia de uso naturalmente preservado (Figura 9A). A microbacia Natuba 2 possui aproximadamente 18 hectares de área de drenagem e foi classificada como microbacia de uso misto (vegetação em regeneração) (Figura 9B). A microbacia Natuba 3 possui aproximadamente 16 hectares de área de drenagem e foi classificada como microbacia de uso exclusivo antrópico (pastagem e monocultura) (Figura 9C).

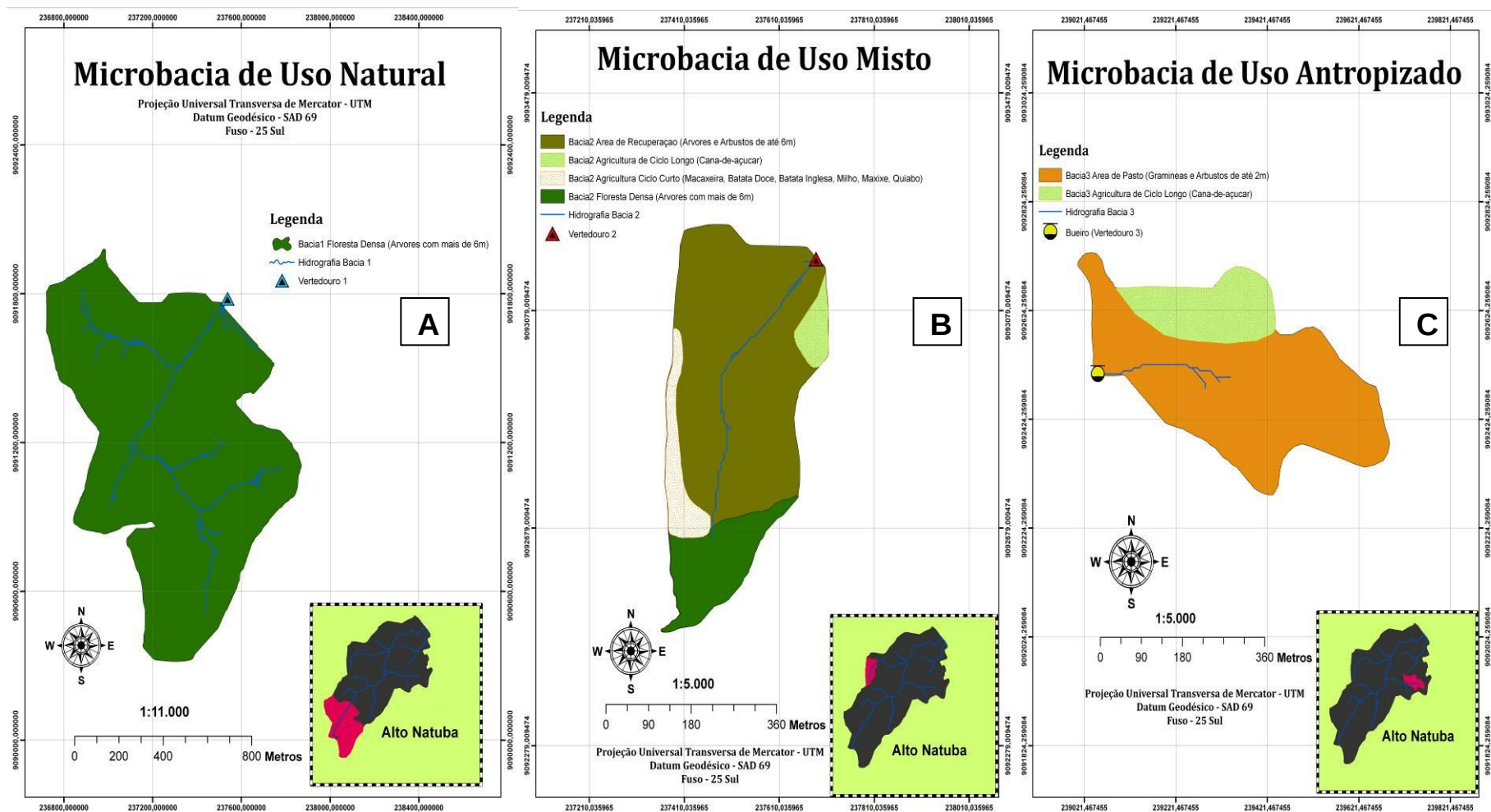


Figura 9 Microbacias experimentais do Alto Natuba, evidenciando suas aptidões espaciais do uso do solo. A microbacia Natuba 1 (A) possui uso predominantemente natural, enquanto a microbacia Natuba 2 (B) possui uso misto e a microbacia Natuba 3 (C) uso estritamente antrópico.

Na maioria das vezes a mensuração da vazão não pôde ser feita diretamente pelo volume, e sim através da medição do nível d'água. Para se conhecer o comportamento fluviométrico fez-se necessário primeiramente acompanhar o nível do corpo d'água para poder estimar a vazão que passa em cada instante.

Na seção exutória da bacia foram instaladas réguas limnimétricas, para que o observador fizesse a verificação do nível do corpo d'água pelo menos uma vez por dia. Também foi instalado um sensor de nível submerso que associado a um *Data Logger*, forneceu a evolução da onda de cheia ao longo do tempo na seção exutória.

Para monitoramento das microbacias 1 e 2 foram instaladas estruturas hidráulicas de reservação e controle, conhecidas como vertedouros triangulares, já que o presente trabalho propôs-se a adotar uma alternativa simples, prática e viável (técnica e economicamente) de determinação de pequenas vazões. Trata-se de vertedouros portáteis, semelhantes aos sugeridos pelo serviço geológico americano - USGS (Rantz, 1982) (Figura 10). Este tipo de dispositivo já possui uma fórmula hidráulicamente conhecida.



Figura 10 Seqüência de instalação até o funcionamento de um vertedouro portátil tipo os do USGS.

Na microbacia 3, seção de uso antrópico, utilizou-se uma estrutura existente de transporte e condução hidráulica conhecida como bueiro (Figura 11).



Figura 11 Ilustração do bueiro condutor localizado na microbacia Natuba3.

Os vertedouros das microbacias 1 e 2 são do tipo triangular, são considerados vertedouros de camada delgada, recomendados para medir pequenas vazões, pois permitem maior precisão na leitura da altura “H” do que os de soleira plana. São usualmente construídos a partir de chapas metálicas, com ângulo de 90°.

Para projetar a construção dos vertedouros foi utilizada a expressão da vazão máxima de projeto com base na precipitação (método Racional). Esse método de determinação da vazão é muito utilizado em pequenas bacias (< 2 km²). Os princípios básicos dessa metodologia são de que: a duração da precipitação intensa de projeto seja igual ao tempo de concentração, considerando assim que a bacia é suficientemente pequena; que o coeficiente de perdas seja único, denominado “C”, estimado bom base nas características da bacia; e que não seja avaliado o volume de cheias e a distribuição temporal. A equação se apresenta na forma:

$$Q_{\max} = 0,278.C.I.A \text{ (7)}$$

Onde:

C = coeficiente de perdas (infiltração, evapotranspiração)

I = intensidade da precipitação em mm/h

A = área da bacia em km²

Para a cobertura da área estudada foi feito um levantamento das chuvas intensas nos últimos 5 anos através do banco de dados das PCDs do INPE e LAMEPE, chegando-se ao valor referencial de projeto correspondente a 35 mm/h, valor este registrado pela PCD em 02/06/2005.

O coeficiente de perda foi levantado através da ponderação dos valores de tabela, baseado nas porcentagens representativas de cobertura nas microbacias. Foram utilizados como valores referenciais, os das tabelas, propostos por Williams, (1949) *apud* Tucci, (2007) e Wilken, (1979). A do primeiro autor é mais apropriada para áreas exclusivamente rurais, e a do segundo apresenta uma abordagem mais ampla, considerando estruturas da paisagem urbana.

Quadro 1 Valores dos coeficientes de perda para bacias rurais. Método baseado nos estudos de Williams, (1949) e apresentado em Tucci, (2007).

Tipo de área		Valores de C
Topografia C1	Terreno plano com declividade de 0,2 a 0,6 m/km	0,3
	Terreno com declividade de 3 a 4 m/km	0,2
	Morros com declividade de 30 a 50 m/km	0,1
Tipo de solo C2	Argila impermeável	0,1
	Permeabilidade média	0,2
	Arenoso	0,4
Cobertura vegetal C3	Áreas cultivadas	0,1
	Árvores	0,2

Quadro 2 Valores do coeficiente de perdas utilizados pelo Estado São Paulo, desenvolvidos por Wilken, (1979) apresentado em Tucci, (2007).

Uso e ocupação do solo	Valores de C
EDIFICAÇÃO MUITO DENSA Partes centrais densamente construídas com ruas e calçadas pavimentadas	0,70 a 0,95
EDIFICAÇÃO NÃO MUITO DENSA Adjacências aos centros urbanos com menor densidade habitacional com ruas e calçadas pavimentadas	0,60 a 0,70
EDIFICAÇÃO COM POUCAS SUPERFÍCIES LIVRES Partes residenciais com construções cerradas e ruas pavimentadas	0,50 a 0,60
EDIFICAÇÕES COM MUITAS SUPERFÍCIES LIVRES Partes residenciais tipo cidade-jardim com ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,25 a 0,50
SUBÚRBIOS COM ALGUMA EDIFICAÇÃO Arrabaldes e subúrbios com baixa densidade habitacional e de construções	0,10 a 0,25
MATAS, PARQUES E CAMPOS Partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos esportivos sem pavimentação	0,05 a 0,20

O coeficiente C varia conforme o tipo de zona urbana ou não urbana abrangida pela bacia considerada. Em muitos casos a ocupação não é uniforme, o que implica na necessidade de calcular um coeficiente aplicável que resulte da média ponderada conforme as áreas. Dessa forma o C final será a média ponderada dos C proporcionais por cada tipo de uso.

$$C = 1/A \cdot \sum A_i \cdot C_i \quad (8)$$

Onde:

C_i = Coeficiente de perda por tipo de uso

A_i = porcentagem de área por tipo de uso

A = área da bacia

Na microbacia 1 utilizou-se chapa de ferro galvanizado numero 14 com 2mm de espessura, altura do triângulo igual a 85 cm, angulação de corte do vértice em 90° e angulação de corte na área de contato da soleira em 45°. Na

microbacia 2 utilizou-se chapa de ferro galvanizado numero 14 com 2mm de espessura, altura do triangulo igual a 75 cm, angulação de corte do vértice em 90° e angulação de corte na área de contato da soleira em 45°. A altura máxima do vértice é proveniente do “H” isolado na fórmula geral do vertedouro triangular e a vazão foi calculada a partir da expressão:

$$Q = \frac{8c\sqrt{2g}}{15} \operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right) H^{2,5} \quad (9)$$

Onde:

c = coeficiente de vazão (Para o coeficiente de vazão foi considerado o valor médio 0,62.)

θ = ângulo do vértice do vertedor

H = carga do vertedor

Para a seção antropizada a estrutura de monitoramento da vazão apresenta características diferentes da do vertedouro. O bueiro da microbacia 3 é representado por duas tubulações de concreto medindo 40 cm de diâmetro cada, havendo um desnível de 3 cm entre estas tubulações. Um bueiro é um conduto livre ou forçado de pequeno comprimento intercalado em um curso de água e geralmente está a transpor um obstáculo em forma de talude. Neste trabalho foram considerados os valores de funcionamento do bueiro que corresponderam ao momento de conduto livre, ou 95% de submersão. Considerando que para este trabalho há o interesse de que o funcionamento do bueiro seja por escoamento livre e em tubos de seção circular, obtemos uma relação de interação a partir da formula de Chèzy com o coeficiente de rugosidade de Manning (n), relacionando também a declividade (S), o raio hidráulico (R_H), a área molhada (A), com a velocidade (v) e a vazão (Q).

$$v = \frac{\sqrt{S}}{n} R_H^{2/3} \text{ e } Q = \frac{\sqrt{S}}{n} A R_H^{2/3} \quad (10)$$

Para o cálculo de y_n usam-se processos iterativos ou utilizam-se tabelas ou ábacos que expressem em função da altura y as grandezas chamadas por capacidade de transporte. Estas grandezas são obtidas através de fórmulas de Chezy:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{R_h \cdot i} \quad (11)$$

ou de Manning

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{0.5} \cdot A \quad (12)$$

A profundidade normal é o valor de y que satisfaz a igualdade:

$$\frac{A \cdot R_h^{2/3}}{n} = \frac{Q}{\sqrt{i}} \quad (13)$$

Sendo:

A = área da seção transversal do canal (m^2)

R_H = Raio Hidráulico: $R_H = A/P_m$

n = coeficiente de Manning

Q = caudal (m^3/s)

i = inclinação do fundo: $i = \tan(\theta)$

Sabendo-se que para os mesmos ao se aplicar a equação de Manning para uma seção conhecida, circular, utilizar-se-á acessoriamente:

$$R_h = \frac{A}{P} \quad (14)$$

$$A = \frac{(1 - \sin \theta) D^2}{8} \quad (15)$$

$$P = \frac{D\theta}{2} \quad (16)$$

$$\theta = 2 \arccos \left(1 - \frac{2y}{D} \right) \quad (17)$$

Onde:

θ = relação em radianos para o Y proporcional

Y = Carga de água que passa pelo conduto livre

D = Diâmetro total do bueiro

3.6 - Equipamentos de Monitoramento Hidrometeorológico

Em cada microbacia experimental foi instalada uma régua limnimétrica fluviométrica em alumínio da marca HIDROMEC. A régua fluviométrica possui caracteres impressos fotomecanicamente, na cor vermelha, camada anódica com proteção delgada de sais de óxidos pelo processo de autovácuo. Tem dimensões de 1000 mm x 60 mm x 2 mm, com, marcas com espaçamento de 1 cm e numeração de 2 em 2 cm. (Figura 12)



Figura 12 Régua limnimétrica da HIDROMECA com escala total de 1 metro e sub-divisões em centímetros.

Nas microbacias 1 e 3 estão instalados medidores de nível automáticos com *Data Logger* acoplado. O WL16, medidor automático, é um *Data Logger* que funciona com duas baterias 9V alcalinas internas, este, trabalha em combinação com medidor de pressão submersível, projetado para monitorar remotamente e registrar o nível da água, além de dados de pressão.

O medidor pode suportar aproximadamente um ano de funcionamento, mesmo se uma das baterias falhar. Uma terceira bateria de lithium *onboard* assegura seu dados em um possível evento que ambas as baterias 9 v falhem. A programação para aferição de dados em ambos medidores está acertada para coletar dados de 10 em 10 minutos com *warm up* de 2 segundos por recomendação do manual, possuindo conectividade via porta COM tipo USB.

Para microbacia 1 o aparelho foi calibrado com referência numa coluna máxima de água de 1,5 metros, enquanto que para a microbacia 3 o aparelho foi calibrado para uma coluna máxima de 1 metro.



Figura 13 Aparelho de medição de nível automático WL16, com Data Logger acoplado de interface USB e sensor de pressão integrado.

Na microbacia de número 2 está instalada a Plataforma de Coleta de Dados (PCD) automática hidrometeorológica S1000 da Squitter. A PCD é protegida pelo gabinete de proteção modelo S2077, que é fabricado em um composto de poliéster e fibra de vidro de alta resistência ao tempo, à corrosão e ótima resistência mecânica.

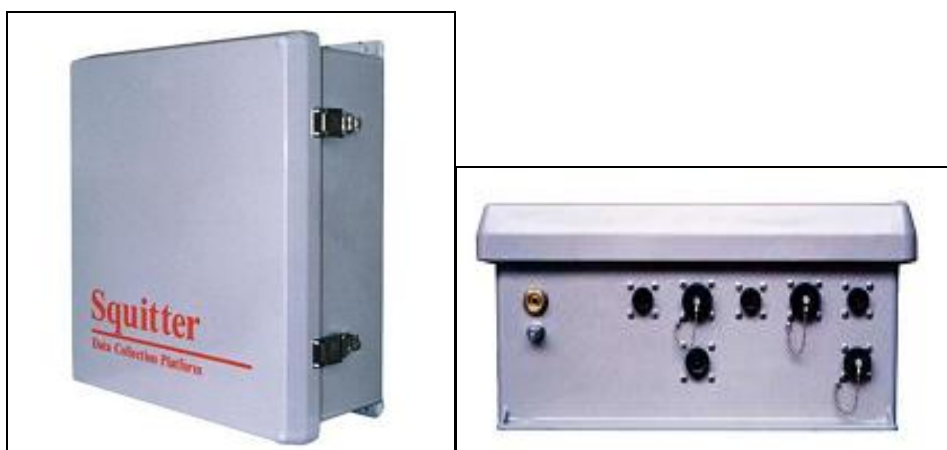


Figura 14 Abrigo blindado em fibra de vidro S2077, com interface de conexão para sensores e suporte interno para bateria.

A PCD também está equipada com o *Data Logger A1201* que pode ser conectado a qualquer sensor que tenha uma saída de tensão ou corrente nas faixas 0 a 5 VCC, 0 a 20 mA ou 4 a 20 mA. O *Data Logger A1201* opera com uma tensão de alimentação única de 12V, com baixo consumo decorrente, sendo ideal para aplicações remotas com bateria e painéis solares.

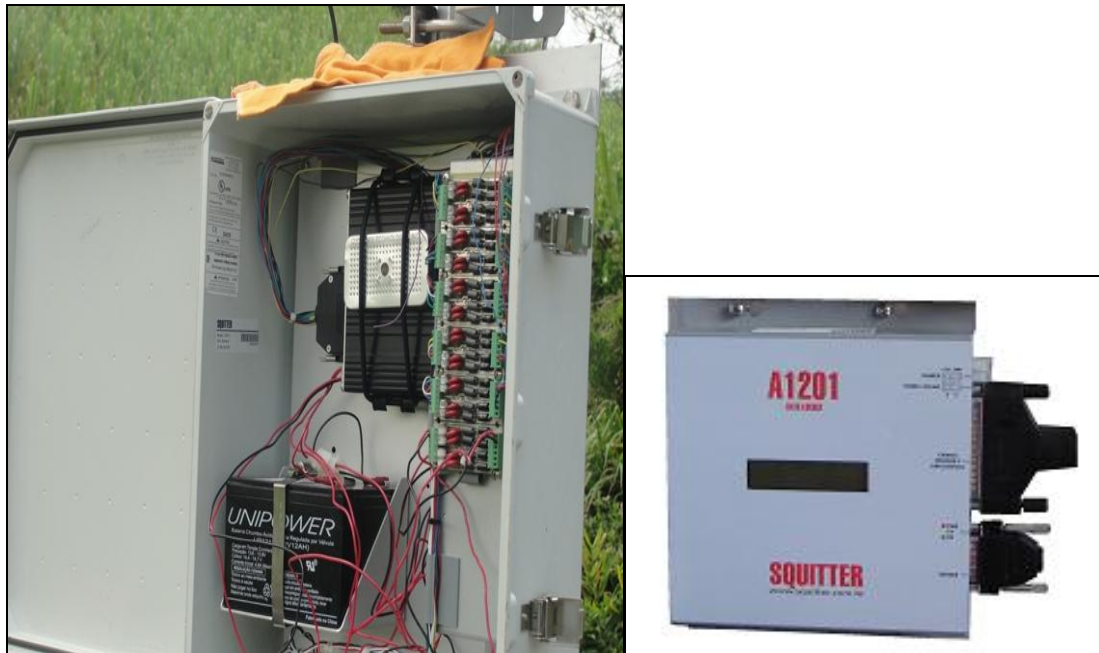


Figura 15 Data Logger A1201 de interface serial, com ligações para receber alimentação em 12V através de bateria de lithium.

A Plataforma de Coleta de Dados modelo S1000 integra o Data Logger A1201 numa única unidade que opera alimentada por painel solar.

A energia que alimenta o funcionamento da PCD é garantida pelo Painel Solar Squitter modelo S2218. Ele é feito de células solares policristalinas que garantem uma eficiência em torno de 14% para o painel. Sabendo que o painel capta energia em até 20 W e o *Data Logger* funciona em tensão de 12 V é necessário o uso de um regulador de tensão, que neste caso é o SunSaver – 10 da Morningstar Corporation.

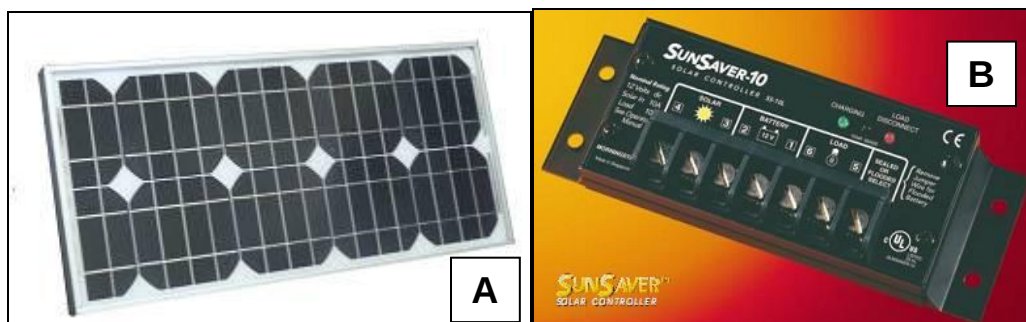


Figura 16 Na figura (A) observa-se a placa de células fotovoltaicas S2218 e na figura (B) observa-se o regulador de tensão SunSaver – 10 que transmite tensão em 12V.

A PCD opera com o sensor S2095 que combina sensores de umidade e temperatura de alta precisão em um único instrumento. O S2095 opera de 0 a 100 %UR. O circuito digital do sensor realiza a compensação de temperatura e a linearização do sinal de saída. O armazenamento dos dados de calibração do sensor em memória interna não volátil fornece uma maior precisão nas leituras. O instrumento está instalado em um protetor solar modelo S2160 para garantir melhores leituras.

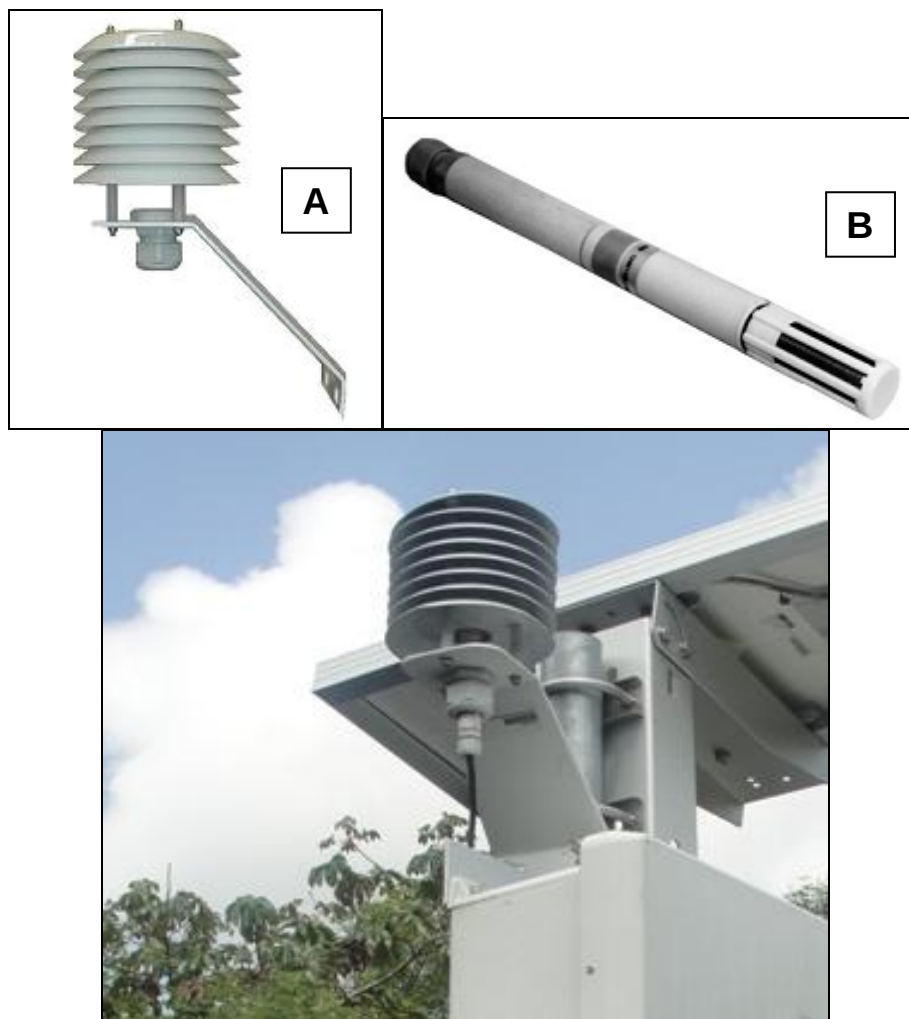


Figura 17 O abrigo S2160, representado na figura (A) é feito em alumínio e dividido em 8 placas. O sensor S2095 (B), opera instalado internamente ao abrigo, gerando dados de 0 a 100% UR.

A PCD possui também o Pluviômetro de Bâscula modelo S2163, que é um coletor automático de chuva com capacidade ilimitada, baseado num mecanismo de balsa de equilíbrio instável. Consiste de um funil coletor de alumínio com borda em faca que direciona a água para um mecanismo de balsa. A área de coleta do funil é protegida por uma tela de alumínio expandido com abertura de 5 mm. Um ímã é acoplado à balsa e aciona uma chave magnética a cada mudança de posição do mecanismo, produzindo um fechamento momentâneo da chave, que corresponde a um acúmulo de 0.25mm (ou 0,20mm) de chuva.



Figura 18 O Pluviômetro de balsa S2163 da Squitter feito em alumínio detém estrutura de equilíbrio instável responsável pela quantificação da chuva através do preenchimento e variação do reservatório interno de 0,25 mm

O ultimo sensor acoplado na PCD é o sensor de Nível e Pressão Modelo S2190, sendo este especialmente projetado para medição de nível de poços, canais, rios e outras aplicações semelhantes. A construção em aço inox 316 garante longa durabilidade e grande resistência à corrosão.



Figura 19 Sensor de registro automático de variação de pressão relativa da Setra, em aço inox, distribuído pela Squitter com referência S2190.

Por fim é apresentado o pluviômetro *Ville de Paris*, que é feito em chapa inoxidável, com área de captação de 400 cm². Acompanha proveta pluviométrica de acrílico, específica para este coletor, com leitura direta de 0,1 até 10 milímetros de chuva por m² e precisão de 0,1 mm.



Figura 20 Pluviômetro Ville de Paris instalado em um topo de morro próximo à microbacia Natuba 3, ponto este com altimetria de 498 metros acima do nível do mar

Para monitoramento da qualidade da água utilizou-se um medidor multi-parâmetro da HACH, de referência HQ40d, com disponibilidade de dois tipos de sensores, um de oxigênio dissolvido (LDO101 IntelliCAL) e outro de condutividade elétrica (CDC401 IntelliCAL). A dupla contribuição do HQ40d medidor multi-parâmetro digital oferta a tomada de diversos tipos de dados, operando, com sensores de pH IntelliCAL, condutividade, e oxigênio dissolvido, isso sempre através da (LDO) sondas.

A sonda de condutividade padrão CDC401 IntelliCAL mede condutividade, resistividade, salinidade, sólidos totais dissolvidos (TDS) e temperatura. É completamente impermeável, mesmo durante 24 horas de imersão a uma profundidade de no máximo 3 metros.

A sonda LDO101 IntelliCAL usa tecnologia para medição de oxigênio dissolvido, pela técnica de luminescência, o IntelliCAL LDO afere medidas de oxigênio dissolvido (mg/L, % de Saturação), pressão barométrica, e temperatura. É Impermeável e pode ficar durante 24 horas completamente submersa na profundidade máxima de 30 metros.

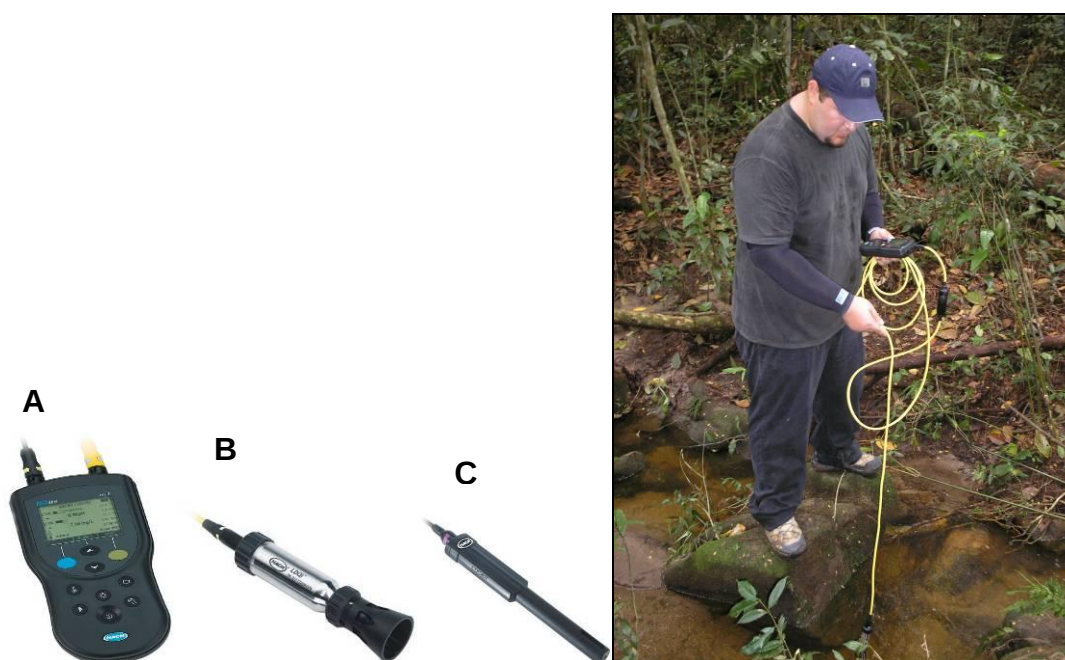


Figura 21 Da esquerda pra direita pode-se observar o aferidor multi-parâmetro HACH de referência HQ40d (A), com dupla conectividade, o sensor de oxigênio dissolvido LDO101 (B) e o sensor de condutividade CDC401 (C). Ao lado o autor em atividade de medição.

3.7 - Qualidade das Águas

Para avaliação da qualidade da água no exutório das três microbacias experimentais estudadas, foram escolhidos oito parâmetros físico-químicos a serem monitorados, além do colimétrico, este último, para uma caracterização microbiológica genérica.

As amostragens foram realizadas do período de setembro de 2009 a outubro de 2010, período esse onde se tentou respeitar a periodicidade mensal para aferição das variáveis de qualidade, buscando uma representatividade sazonal.

Os parâmetros físicos estudados foram: Temperatura, Turbidez (uT), Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e Sólidos totais dissolvidos (mg/L). Enquanto os parâmetros químicos foram: OD (oxigênio dissolvido mg/L), Ph, Nitrato (mg/L), Fosfato (mg/L). Para a caracterização genérica microbiológica foram analisados os Coliformes totais (NMP/100ml) e Coliformes fecais (*Escherichia coli* NMP/100ml). A partir de tais parâmetros objetivou-se esclarecer aspectos de degradação da cobertura vegetal a relacionados com poluição doméstica.

Amostras de pH, Sólidos totais dissolvidos, Turbidez, Nitrato e Fosfato das águas de cada microbacia experimental foram levadas mensalmente para análise no laboratório AGROLAB Análises Ambientais LTDA. A metodologia para análises é a descrita no Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater, 21th ed. 2005, (APHA, 2005)

As amostragens de Temperatura, Oxigênio dissolvido, e Condutividade elétrica foram aferidas diretamente em campo com o uso do medidor multiparâmetro da HACH (HQ40d) e sensores acessórios (CDC401 e LDO101) já descritos dentre os aparelhos de medição hidrometeorológica.

Para a análise microbiológica foi utilizado um dos métodos analíticos enzimáticos conhecidos. Os métodos analíticos enzimáticos de detecção e enumeração de microrganismos em águas baseiam-se na tecnologia de substrato definido (DST). Durante a incubação é libertado do substrato definido um cromóforo ou fluoróforo, indicando a presença do microrganismo alvo. Esta tecnologia está disponível desde a década de 90, sendo utilizada em diversos países com aprovação das entidades oficiais.

Para este trabalho foi utilizado o método Colilert -18® da IDEXX, que é um método enzimático que usa a tecnologia de substrato definido para a identificação de bactérias coliformes e *Escherichia coli*. Considerando a possibilidade de que a quantidade de coliformes seja superior ao limite da placa de contagem foram realizadas algumas diluições, sendo reproduzidas as concentrações de 10^{-2} , 10^{-3} e 10^{-4} .

A base legal que limita e referencia as concentrações das diversas substâncias e características analisadas neste trabalho, estão descritas na Resolução nº 357/2005 do CONAMA, sistematizadas no Quadro 03.

A análise e discussão das amostras foram baseadas nas referências e níveis aceitáveis de qualidade da água definidos na Classe 2 para corpos de água doce, estabelecidos pela Resolução CONAMA. A escolha da Classe 2 como referencial resulta do fato de que segundo esta mesma resolução, é determinado que na ocasião da falta de enquadramento existente, os cursos de água são considerados nesta Classe.

No entanto, considerando que os pequenos cursos de água estudados estão próximos às suas nascentes, estes poderiam ser classificados como águas de qualidade superior. Dessa forma, optou-se também pela comparação dos resultados de qualidade nas três microbacias experimentais aos níveis definidos para a Classe Especial, previstos na Resolução CONAMA 357/2005.

A partir da comparação dos resultados de campo com os valores definidos nas respectivas Classes definidas pelo CONAMA 357/2005 verificou-se a porcentagem de aderência dos valores à conformidade das Classes, e considerando tal percentual de conformidade para cada variável, foi classificada a condição atual de qualidade para cada uma das microbacias experimentais.

Quadro 3 Padrão de qualidade da água previstos na Resolução do CONAMA 357/2005, e pela CETESB 2010, para classificação dos corpos de água doce no território brasileiro.

Classe de qualidade	Parâmetros									
	T (°C)	pH	Turbidez (uT)	Condutividade Elétrica (µS/cm) CETESB	OD (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Fosfato Total (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)	Coliformes NMP/100ml	
Especial		6,0 - 9,0	≤ 40	≤ 100	≥ 6 mg/L	≤ 10,0 mg/L N	Lêntico- ≤ 0,020 Inter.- ≤ 0,025 Lótico- ≤ 0,1	≤ 500	≤ 200	
I		6,0 - 9,0	≤ 40	≤ 100	≥ 6 mg/L	≤ 10,0 mg/L N	Lêntico- ≤ 0,020 Inter.- ≤ 0,025 Lótico- ≤ 0,1	≤ 500	≤ 200	
II		6,0 - 9,0	≤ 100	≤ 100	≥ 5 mg/L	≤ 10,0 mg/L N	Lêntico- ≤ 0,030 Inter.- ≤ 0,050 Lótico- ≤ 0,1	≤ 500	≤ 1000	
III		6,0 - 9,0	≤ 100	≤ 100	≥ 4 mg/L	≤ 10,0 mg/L N	Lêntico- ≤ 0,05 Inter.- ≤ 0,075 Lótico- ≤ 0,15	≤ 500	≤ 2500	
IV		6,0 - 9,0	≤ 100	≤ 100	≥ 2 mg/L	≤ 10,0 mg/L N	Lêntico- ≤ 0,05 Inter.- ≤ 0,075 Lótico- ≤ 0,15	≤ 500	≤ 2500	

4 - Resultados

4.1 - Características Físicas das Microbacias

4.1.2 – Alto Natuba

A bacia do Alto Natuba como um todo possui 571 ha (5,71 Km²) e um conjunto de riachos perenes e intermitentes que formam uma malha de 28,2 quilômetros de extensão. Dos estudos fisiográficos realizados nesta área se destacam: o estudo da forma da bacia, do índice de compacidade, da declividade, da curva hipsométrica, da elevação média e da densidade de drenagem. O intuito principal de relacionar as características desta área é apresentar o perfil hipsométrico e a declividade da região aonde se insere as microbacias de interesse, oferecendo uma melhora na escala de precisão.

Conseqüente aos estudos realizados considerando toda a área de drenagem do Alto Natuba obteve-se 0,28 de fator forma, 0,29 de coeficiente de compacidade (K_c), a declividade da bacia está exposta no apêndice 3, o perfil do relevo médio (curva hipsométrica) esta exposto no apêndice 2 e na Figura 22, a elevação média foi de 498 metros, como exposto no apêndice 1 e a densidade de drenagem é 4,95 Km/(Km²).

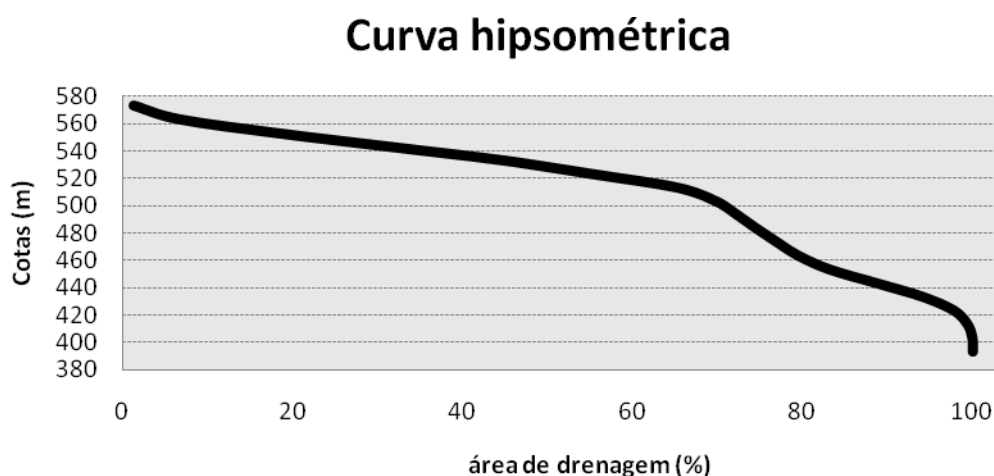


Figura 22 Perfil do relevo médio representado pela porcentagem da área de drenagem que existe para as várias elevações do Alto Natuba.

Como informação metodológica da realização das atividades na sub-bacia do Alto Natuba salienta-se que foram selecionadas três microbacias experimentais para realização dos estudos fisiográficos nesta pesquisa.

4.1.3 – Microbacia do Natuba 1

A microbacia Natuba 1 (uso natural) possui 106 ha (1,06 Km²) e um conjunto de curso de água perenes e intermitentes que formam uma malha de 3,35 quilômetros de extensão. Em sua bacia observam-se áreas de grande declividade, com variação máxima nos taludes entre 37° e 49° (Apêndice 4). A microbacia Natuba 1 apresentou fator de forma de 0,38, coeficiente de compacidade de 0,26 e densidade de drenagem de 3,16 Km/(Km²)

Quadro 4 Principais características da microbacia Natuba 1, com vegetação nativa.

Características	Valor / unidade
Área da microbacia 1	1,06 Km ² / 106,17 hectares
Comprimento do curso principal	1,02 km
Comprimento total dos canais	3,35 km
Densidade de drenagem	3,16 km/km ²
Altitude máxima na bacia	570 m
Altitude na nascente do curso principal	551 m
Altitude no exutório	475 m
Desnível da nascente ao exutório	76 m

4.1.4 – Microbacia do Natuba 2

A microbacia Natuba 2 (uso misto) possui 18 ha (0,18 Km²) e um conjunto de cursos de água perenes e intermitentes que formam uma malha de 0,717 quilômetros de extensão. Em sua bacia observam-se áreas de média declividade, com grandes porções de variação máxima nos taludes entre 22° e 25° (Apêndice 4). A microbacia Natuba 2 apresentou fator forma de 0,32,

coeficiente de compacidade de 0,21 e densidade de drenagem de 4,0 km/(km²).

Quadro 5 Principais características da microbacia Natuba 2 de uso misto do solo.

Características	Valor / unidade
Área da microbacia 2	0,18 Km ² / 18 hectares
Comprimento do curso principal	0,614 km
Comprimento total dos canais	0,718km
Densidade de drenagem	4,0 km/km ²
Altitude máxima na bacia	494 m
Altitude na nascente do curso principal	475m
Altitude no exutório	456 m
Desnível da nascente ao exutório	19 m

4.1.5 – Microbacia do Natuba 3

A microbacia Natuba 3 (uso antropizado) possui 16 ha (0,16 Km²) e um conjunto de cursos de água perenes e intermitentes que formam uma malha de 0,37 quilômetros de extensão. Em sua bacia observam-se áreas de pequena declividade, com grandes porções de variação máxima nos taludes entre 10° e 13° (Apêndice 4). A microbacia Natuba 3 apresentou fator forma de 0,28, coeficiente de compacidade de 0,25 e densidade de drenagem de 2,31 Km/(Km²).

Quadro 6 Principais características da microbacia Natuba 3 de uso antropizado do solo.

Características	Valor / unidade
Área	0,16 Km ² / 16 hectares
Comprimento do curso principal	0,308 km
Comprimento total dos canais	0,370 km
Densidade de drenagem	2,31 km/km ²
Altitude máxima na bacia	456 m
Altitude na nascente do curso principal	437 m

Altitude no exutório	418 m
Desnível da nascente ao exutório	19 m

4.2 – Uso do solo e cobertura vegetal

As três microbacias experimentais do Alto Natuba foram selecionadas de acordo com suas diferenças em relação ao uso do solo.

4.2.1 – Microbacia Natuba 1

O quadro 7 apresenta a comunidade vegetal amostral característica desta microbacia de acordo com a metodologia utilizada. Foram observados os nomes vulgares, nomes científicos, o DAP e a altura.

Quadro 7 Lista das espécies representativas da microbacia Natuba 1 e seus valores absolutos de DAP e Altura.

Natuba 1			
DAP(cm)	Altura (cm)	Nome Vulgar	Espécie
125	1670	Cupiuba	<i>Tapirira guianensis</i>
157	1850	Guabiraba	<i>Campomanesia dichotoma</i>
78	990	Araçá da Mata	<i>Psidium guineense</i>
57	1100	Murici	<i>Byrsonima sericea</i>
168	2200	Visgueiro	<i>Parkia pendula</i>
63	1530	Caboatã de Leite	<i>Thyrsodium spruceanum</i>
12	679	Bordão de velho	<i>Samanea tubulosa</i>
15.5	760	Mium açu	<i>Anaxagorea dolichocarpa</i>
13.3	890	Ingá	<i>Inga cylindrica</i>
19	940	Favinha	<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i>
34	1250	Freijó	<i>Cordia goeldiana</i>
46	1190	Cumichá	<i>Allophylus puberules</i>
113	1500	Japaranduba	<i>Gustavia angusta</i>
97	1100	Embiriba	<i>Eschweilera ovata</i>
33	830	Praíba	<i>Simarouba amara</i>
69.7	1200	Bulandi	<i>Symphonia globulifera</i>
11	670	Cocão	<i>Pogonophora schomburgkiana</i>
12.5	600	Mescla de cheiro	<i>Protium heptaphyllum</i>
55.9	1000	Embira vermelha	<i>Xylopia frutescens</i>
222	2600	Mamajuda preta	<i>Sloanea guianensis</i>
187.3	2730	Embaúba	<i>Cecropia adenopus</i>
14.2	580	Manipueira	<i>Henriettea succosa</i>
77	1300	Sucupira	<i>Bowdichia virgilioides</i>
7	450	Sabiazeira	<i>Miconia prasina</i>

5.5	360	Sabiazeira	<i>Miconia ciliata</i>
3.7	180	Sabiazeira	<i>Clidemia captelata</i>
4.5	240	Sabiazeira	<i>Miconia albicans</i>
4	300	Mescla de cheiro	<i>Protium heptaphyllum</i>
10	440	Pinga orvalho	<i>Maprounea guianensis</i>
9	400	Mescla de cheiro	<i>Protium heptaphyllum</i>

A microbacia Natuba 1 possui uso natural e em sua cobertura predominante observou-se a presença de vegetação de floresta ombrófila aberta semi-decídua, com DAP amostral médio de 57,5 cm e altura amostral média de 1051 cm. A amostra total para estudo do DAP foi de 30 indivíduos, com valor mínimo de 3,7 cm e máximo de 222 cm. Para o estudo da altura também se considerou os mesmos 30 indivíduos, obtendo-se altura mínima de 180 cm e máxima de 2730 cm. Foi feita análise de dependência da variável, altura, em relação ao diâmetro referencial (DAP). A análise mostrou um coeficiente de explicação (R^2) de 89% da variável dependente altura em relação à variável DAP.

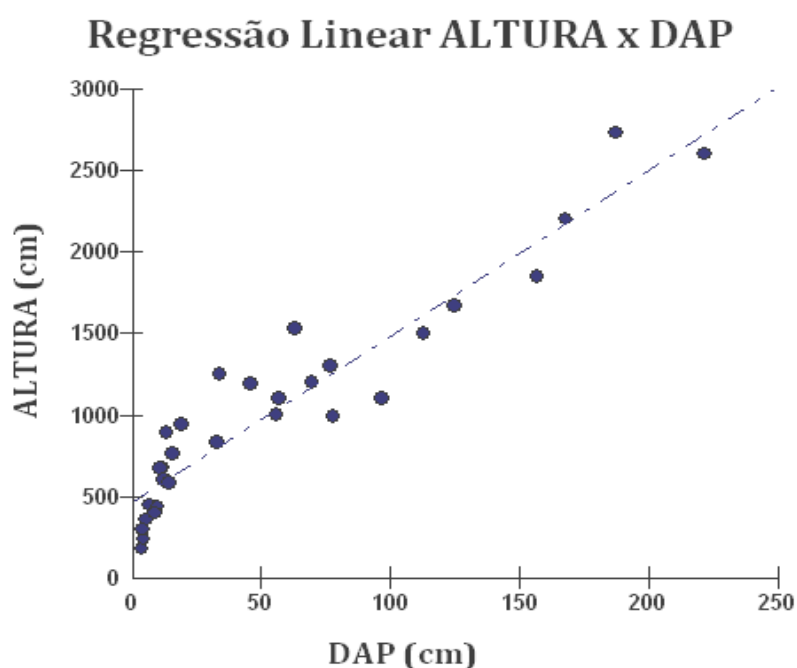


Figura 23 Regressão linear simples apontando a dependência da variável altura em relação ao diâmetro de referência (DAP), numa interatividade de 89%.

4.2.2 – Microbacia Natuba 2

O quadro 8 apresenta a comunidade vegetal amostral característica desta microbacia de acordo com a metodologia utilizada. Foram observados os nomes vulgares, nomes científicos, o DAP e a altura.

Quadro 8 Lista das espécies representativas da microbacia Natuba 2 e seus valores de DAP e Altura.

Natuba 2			
DAP(cm)	Altura (cm)	Nome Vulgar	Espécie
7.5	440	Mescla de cheiro	<i>Protium heptaphyllum</i>
3.4	170	Sabiazeira	<i>Miconia ciliata</i>
10.2	460	Mescla de cheiro	<i>Protium heptaphyllum</i>
22	790	Espinheiro branco	<i>Senegalia bahiensis</i>
26	830	Ingá	<i>Inga cylindrica</i>
34	860	Araçá da Mata	<i>Psidium guineense</i>
21.4	670	Jurema preta	<i>Mimosa hostilis</i>
3.4	160	Marmeleiro	<i>Croton hirtus</i>
4.5	182	Urtiga branca	<i>Jatropha urens</i>
34	900	Praíba	<i>Simarouba amara</i>
17	490	Manipueira	<i>Henriettea succosa</i>
11	350	Manipueira	<i>Henriettea succosa</i>
6.5	260	Bananeira	<i>Musa spp</i>
4	187	Cana de açúcar	<i>Saccharum spp</i>
3.3	160	Sabiazeira	<i>Miconia prasina</i>
5.6	197	Cana de açúcar	<i>Saccharum spp</i>
7	177	Sabiazeira	<i>Miconia prasina</i>
2.9	89	Marmeleiro	<i>Croton hirtus</i>
2.7	110	Marmeleiro	<i>Croton hirtus</i>
6	155	Urtiga branca	<i>Jatropha urens</i>
5	157	Urtiga branca	<i>Jatropha urens</i>
11	169	Sabiazeira	<i>Miconia prasina</i>
88	1720	Sucupira	<i>Bowdichia virgilioides</i>
4.5	130	Marmeleiro	<i>Croton hirtus</i>
13	230	Bananeira	<i>Musa spp</i>
27	697	Mescla de cheiro	<i>Protium heptaphyllum</i>
22	590	Mescla de cheiro	<i>Protium heptaphyllum</i>
57	1300	Praíba	<i>Simarouba amara</i>
9	255	Espinheiro branco	<i>Senegalia bahiensis</i>
8.8	310	Jurema preta	<i>Mimosa hostilis</i>

A microbacia Natuba 2 possui uso misto do solo, variando desde área de floresta ombrófila aberta, passando pelas áreas de recuperação com diferentes estádios de sucessão, até culturas de ciclos longos e curtos. O DAP amostral médio é de 16 cm e altura amostral média de 440 cm. A amostra total para estudo do DAP foi de 30 indivíduos, com valor mínimo de 2,7 cm e máximo de 88 cm. Para o estudo da altura também se considerou os mesmos 30 indivíduos, obtendo-se altura mínima de 89 cm e máxima de 1720. Foi feita análise de dependência da variável, altura, em relação ao diâmetro referencial (DAP). A análise mostrou um coeficiente de explicação (R^2) de 93% da variável dependente altura em relação à variável DAP.

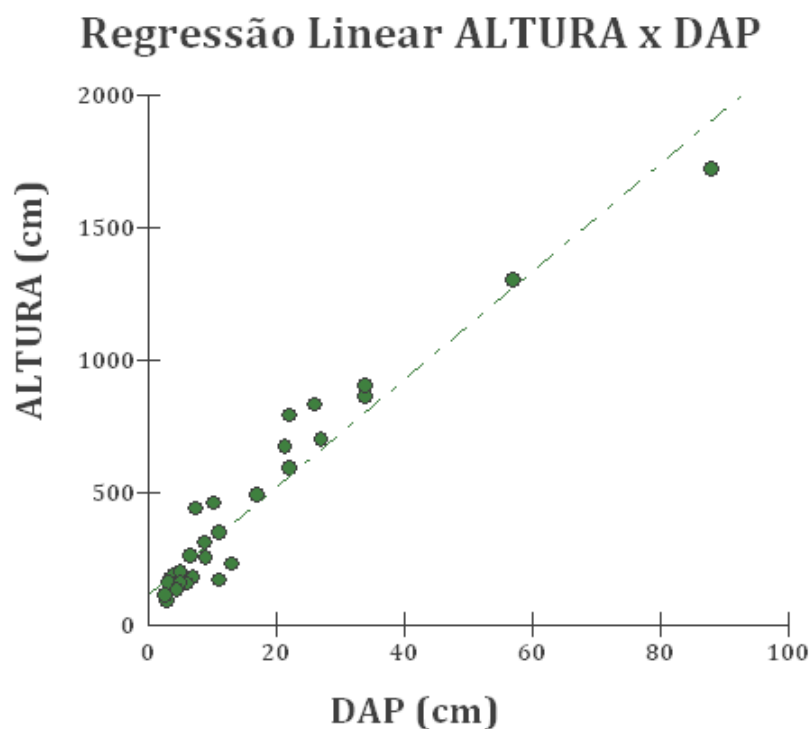


Figura 24 Regressão linear simples apontando a dependência da variável altura em relação ao diâmetro de referência (DAP), numa interatividade de 93%.

4.2.3 – Microbacia Natuba 3

O quadro 8 apresenta a comunidade vegetal amostral característica desta microbacia de acordo com a metodologia utilizada. Foram observados os nomes vulgares, nomes científicos, o DAP e a altura.

Quadro 9 Lista das espécies representativas da microbacia Natuba 2 e seus valores de DAP e Altura.

Natuba 3			
DAP(cm)	Altura (cm)	Nome Vulgar	Espécie
3	89	Capim elefante	<i>Pennisetum purpureum</i>
2.7	88	Capim elefante	<i>Pennisetum purpureum</i>
1.9	76	Capim elefante	<i>Pennisetum purpureum</i>
2	80	Capim elefante	<i>Pennisetum purpureum</i>
2.5	83	Capim elefante	<i>Pennisetum purpureum</i>
2.3	77	Capim elefante	<i>Pennisetum purpureum</i>
1	40	Brachiaria	<i>Brachiaria sp.</i>
3	76	Capim elefante	<i>Pennisetum purpureum</i>
1.7	56	Brachiaria	<i>Brachiaria sp.</i>
2	50	Brachiaria	<i>Brachiaria sp.</i>
2.8	66	Brachiaria	<i>Brachiaria sp.</i>
3.2	79	Capim elefante	<i>Pennisetum purpureum</i>
1.5	33	Brachiaria	<i>Brachiaria sp.</i>
1.8	45	Brachiaria	<i>Brachiaria sp.</i>
2.5	67	Brachiaria	<i>Brachiaria sp.</i>
2.5	63	Brachiaria	<i>Brachiaria sp.</i>
2	51	Capim	<i>Poaceae</i>
2.3	52	Capim	<i>Poaceae</i>
3	78	Capim elefante	<i>Pennisetum purpureum</i>
2	41	Brachiaria	<i>Brachiaria sp.</i>
1.8	39	Capim	<i>Poaceae</i>
2.2	42	Brachiaria	<i>Brachiaria sp.</i>
2	38	Capim	<i>Poaceae</i>
3	77	Brachiaria	<i>Brachiaria sp.</i>
3.3	87	Capim elefante	<i>Pennisetum purpureum</i>
2	52	Capim	<i>Poaceae</i>
1	31	Capim	<i>Poaceae</i>
2.5	60	Brachiaria	<i>Brachiaria sp.</i>
2	54	Brachiaria	<i>Brachiaria sp.</i>
1	29	Capim	<i>Poaceae</i>

A microbacia Natuba 3 possui uso exclusivamente antropizado, podendo ser observado culturas de ciclo longo intercaladas com áreas de pasto. O DAP amostral médio é de 2,3 cm e altura amostral média de 60 cm. A amostra total para estudo do DAP foi de 30 indivíduos, com valor mínimo de 1,2 cm e máximo de 3,5 cm. Para o estudo da altura também se considerou os mesmos 30 indivíduos, obtendo-se altura mínima de 29 cm e máxima de 89 cm. Foi feita análise de dependência da variável, altura, em relação ao diâmetro referencial (DAP). A análise mostrou um coeficiente de explicação (R^2) de 65% da variável dependente altura em relação à variável DAP.

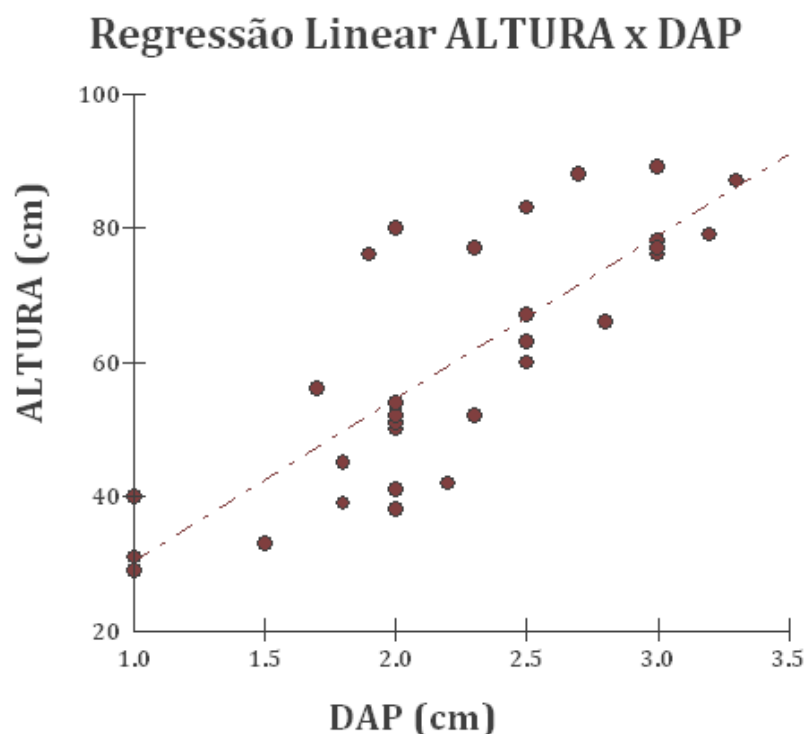


Figura 25 Regressão linear simples apontando a dependência da variável altura em relação ao diâmetro de referência (DAP), numa interatividade de 65%.

Cada microbacia apresentou diferentes porcentagens de área para a distribuição das coberturas características. As proporções para a Microbacia de uso natural, estão detalhadas nas Tabelas 6, 7 e 8.

Quadro 10 Cobertura vegetal na Microbacia 1 de uso natural.

Cobertura vegetal	Tipologia de vegetação	Especificações	Área estimada	Percentual
Vegetação Nativa	Em regeneração (até 6 m)	Mescla de Cheiro, Sabiazeira, Cocão...	0,36 Km ²	34%
	Mata alta (mais de 6 m)	Praíba, Sucupira, Visgueiro...	0,70 Km ²	46%
TOTAL			1,06 Km ²	100%

Quadro 11 Cobertura Vegetal na Microbacia, de uso misto.

Cobertura vegetal	Tipologia de vegetação	Especificações	Área estimada	Percentual
Vegetação de Cultivo	Cultura de ciclo curto	Macaxeira, inhame, feijão, milho, hortaliças	0,013 km ²	7,22%
	Cultura de ciclo longo	Banana, Cana-de-açúcar	0,007 Km ²	3,88%
Vegetação Nativa	Em regeneração (até 6 m)	Jurema, Sabiazeira, Urtiga...	0,13 Km ²	72,22%
	Mata alta (mais de 6 m)	Praíba, Mesca de cheiro, Espinheiro	0,028 Km ²	15,55%
TOTAL			0,18 Km ²	100%

Quadro 12 Cobertura Vegetal na Microbacia 3, de uso antropizado.

Cobertura vegetal	Tipologia de vegetação	Especificações	Área estimada	Percentual
Vegetação cultivada	Pasto	Braquiaria, Capim Elefante	0,122 Km ²	79,22%
	Cultura de ciclo longo	Cana-de-açúcar	0,032 Km ²	20,78%
TOTAL			0,154 Km ²	100%

Na área que compreende a microbacia Natuba 1 não foi registrado nenhum tipo de residência ou ocupação, na microbacia Natuba 2 foram observadas três residências e na microbacia Natuba 3 foi observada uma residência, todas de agricultores.

4.3 - Qualidade da Água

Os resultados de qualidade da água são apresentados para cada uma das três microbacias estudadas.

4.3.1 – Microbacia Natuba 1

Foram coletados 76 dados de qualidade de água para a microbacia Natuba 1 e estes estão distribuídos por 8 diferentes variáveis físico-químicas, representadas no Tabela 1.

Tabela 1 Qualidade da água na Microbacia Natuba 1, a partir de amostras realizadas de setembro de 2009 e outubro de 2010.

Mês	T (°C)	pH	Turbidez (uT)	Condutividade (µS/cm)	OD (mg/L)	Nitrato em N (mg/L)	Fosfato em P (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)
Setembro	—	7.7	23.3	62.7	6.4	ND	0.013	—
Dezembro	—	6	5.29	115.7	2.6	ND	0.041	868
Fevereiro	24.4	5.6	15.6	106.8	2.38	0.23	0.31	56
Março	25.2	7.2	0.94	125.4	2.47	0.18	0.165	67
Abril	24	6.4	2.61	119.9	1.27	ND	ND	48
Maio	24	6.2	5.16	117.6	1.22	ND	0.36	66
Junho	23.4	6.6	9.74	75.1	7.56	0.05	0.049	42
Julho	22.7	6	0.55	75.8	7.51	0.12	0.03	38
Agosto	21.2	6	1.68	75	7.75	0.05	2.41	45
Setembro	22.4	6.8	1.35	82.7	7.34	0.07	ND	176
Outubro	23.8	7.3	2.77	81.3	6.87	ND	0.04	41

Segundo as análises de pH, das onze amostras recolhidas nos meses de realização do estudo apenas em uma ocasião obteve-se um resultado não satisfatório quando comparado ao limite mínimo estipulado pela Resolução do CONAMA 357/2005, este apresentado pela amostra do mês de fevereiro de

2010 (5,6), nas demais amostras, observou-se pelo menos o valor mínimo recomendado. O valor médio foi de 6,5. O valor máximo registrado ocorreu no mês de setembro de 2009 quando se observou o valor de 7.7 para pH (Figura 26).

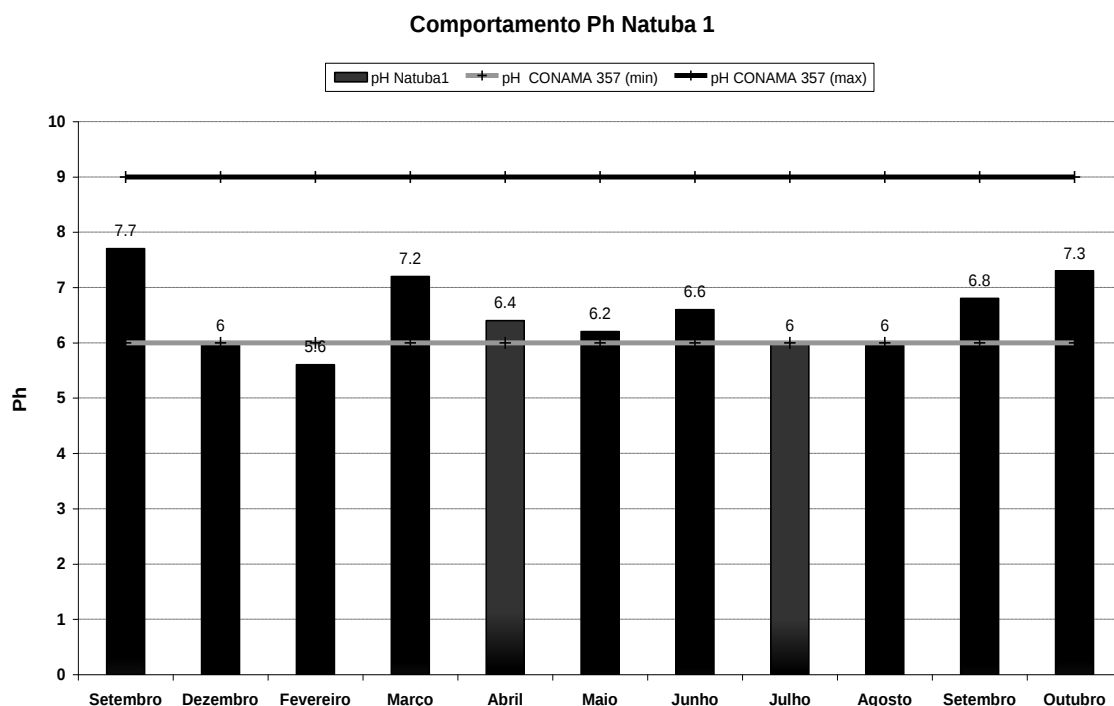


Figura 26 Distribuição dos valores correspondentes às amostras de pH na Microbacia Natuba 1 nos meses de setembro de 2009 à outubro de 2010, comparando aos valores recomendados pelo CONAMA 357/ 2005.

De acordo com as análises de Turbidez, o resultado das onze amostras recolhidas nos meses de estudo estão compatíveis aos limites recomendados pelo CONAMA 357/2005, tanto para classe especial (40 unT) quanto para classe II (100 unT). O valor médio foi de 6,62 unT. O valor máximo observado correspondeu a 23,3 unT, ocorrido no mês de setembro de 2009, e o valor mínimo observado correspondeu a 0,55 unT, ocorrido no mês de julho de 2010 (Figura 27).

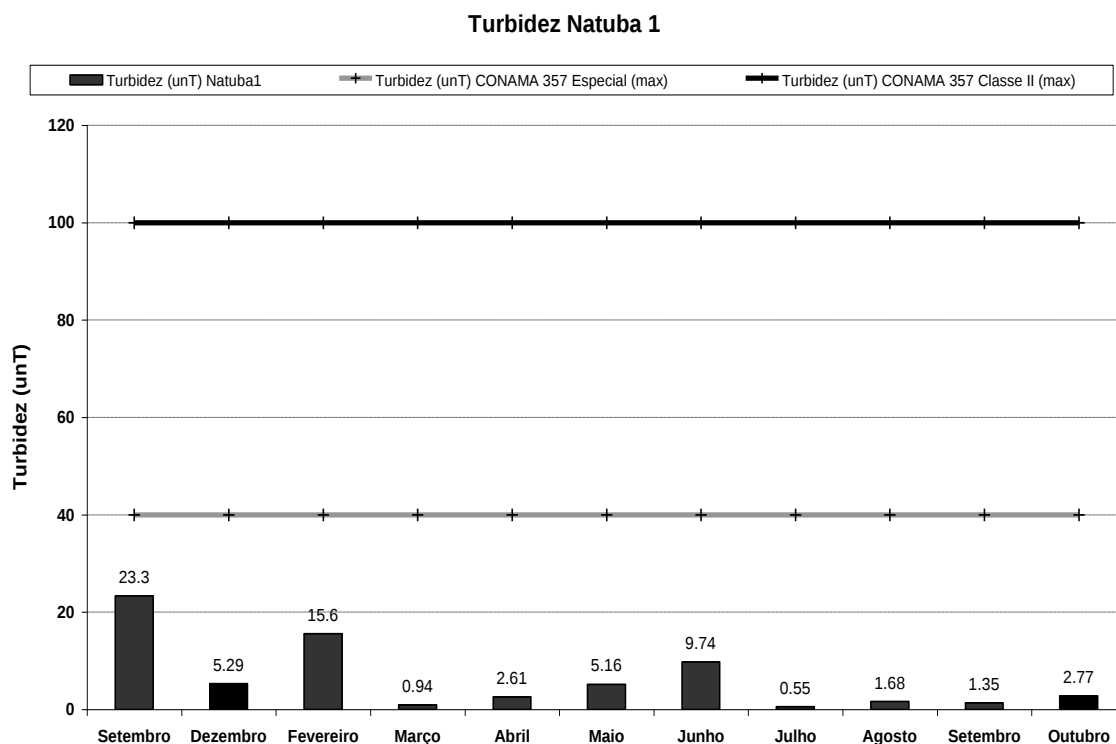


Figura 27 Distribuição dos valores correspondentes as amostras de Turbidez na microbacia Natuba 1 nos meses de setembro de 2009 à outubro de 2010, comparando aos valores referenciais, para classe especial e classe II, recomendados pelo CONAMA 357/ 2005.

Segundo as análises de Oxigênio Dissolvido das onze amostras recolhidas nos meses de estudo, seis estão correspondentes aos limites recomendados pelo CONAMA 357/2005, tanto para classe especial (40 unT) quanto para classe II (100 unT), as outras cinco estão inferiores para ambos limites mínimos relacionados. O valor médio foi de 4,35 mg/L, o valor máximo observado correspondeu a 7,75 mg/L (ocorrido no mês de agosto de 2010) e o valor mínimo observado correspondeu a 1,22 mg/L (ocorrido no mês de maio de 2010) (Figura 28).

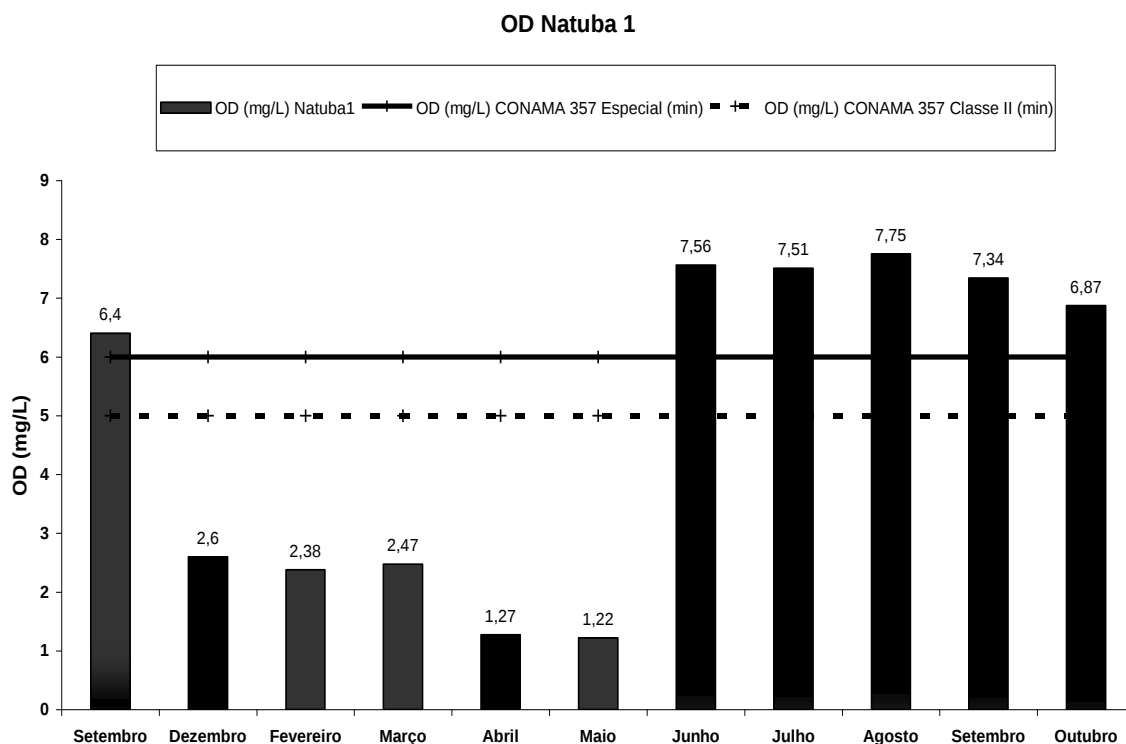


Figura 28 Distribuição dos valores correspondentes às amostras de Oxigênio Dissolvido na microbacia Natuba 1 nos meses de setembro de 2009 à outubro de 2010, comparando aos valores referenciais, para classe especial e classe II, recomendados pelo CONAMA 357/ 2005.

De acordo com as análises de Condutividade, das onze amostras recolhidas nos meses de realização do estudo, cinco obtiveram resultado não satisfatório quando comparado ao limite máximo estipulado pela recomendação da CETESB (100 $\mu\text{S}/\text{cm}$). O valor médio foi de 94,78 $\mu\text{S}/\text{cm}$. O valor máximo registrado foi no mês de março de 2010 quando se observou o valor de 125,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e o valor mínimo de 62,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ foi observado no mês de setembro de 2009 (Figura 29).

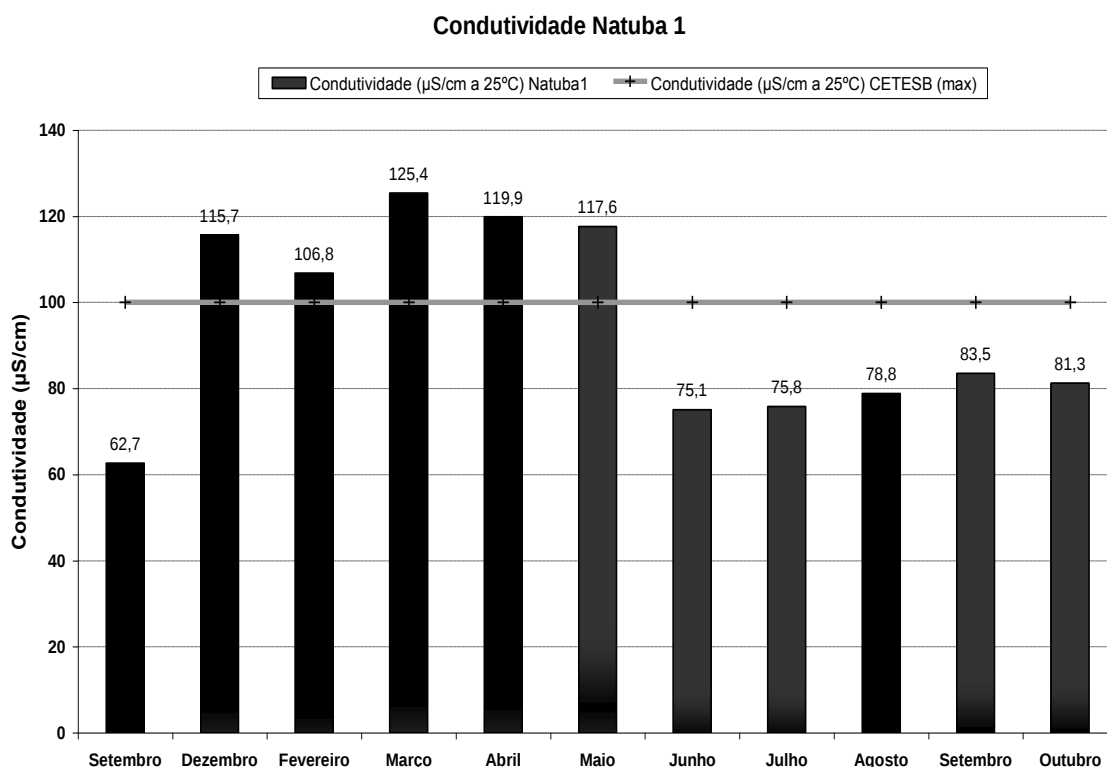


Figura 29 Distribuição dos valores correspondentes às amostras de Condutividade na microbacia Natuba 1 nos meses de setembro de 2009 à outubro de 2010, comparando aos valores referenciais, recomendados pela CETESB.

Segundo as análises de Fósforo, das oito amostras recolhidas nos meses de realização do estudo, quatro obtiveram resultado insatisfatório quando comparado ao limite máximo, estipulado pela recomendação do CONAMA 357/2005, de 0,1 mg/L. O valor médio foi de 0,42 mg/L. O valor máximo registrado foi no mês de agosto de 2010 quando se observou o valor de 2,4 mg/L e o valor mínimo de 0,013 mg/L foi observado no mês de setembro de 2009 (Figura 30).

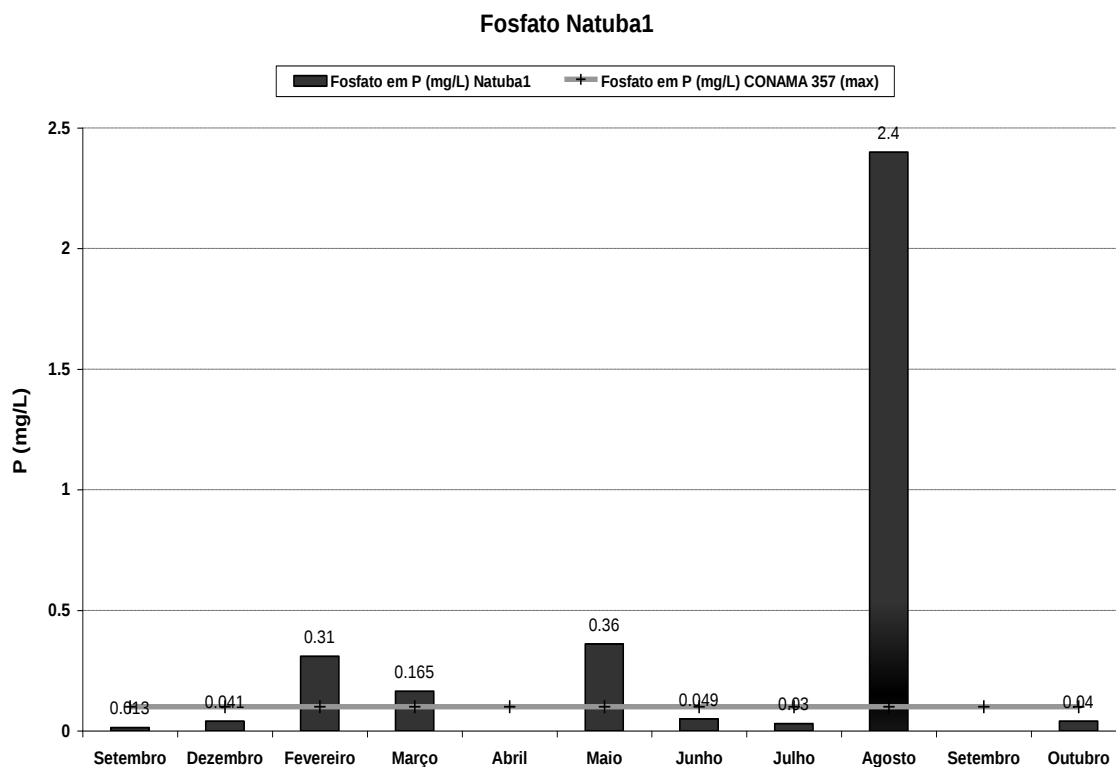


Figura 30 Distribuição dos valores correspondentes às amostras de Fosfato na microbacia Natuba 1 nos meses de setembro de 2009 à outubro de 2010, comparando ao valor referencial máximo recomendado pelo CONAMA 357/ 2005.

De acordo com as análises de Nitrato, das seis amostras recolhidas nos meses de realização do estudo, todas obtiveram resultado satisfatório quando comparado ao limite máximo, estipulado pela recomendação do CONAMA 357/2005, de 10 mg/L. O valor médio foi de 0,12 mg/L. O valor máximo registrado foi no mês de fevereiro de 2010 quando se observou o valor de 0,23 mg/L e o valor mínimo de 0,05 mg/L foi observado nos meses de junho e agosto de 2010 (Figura 31).

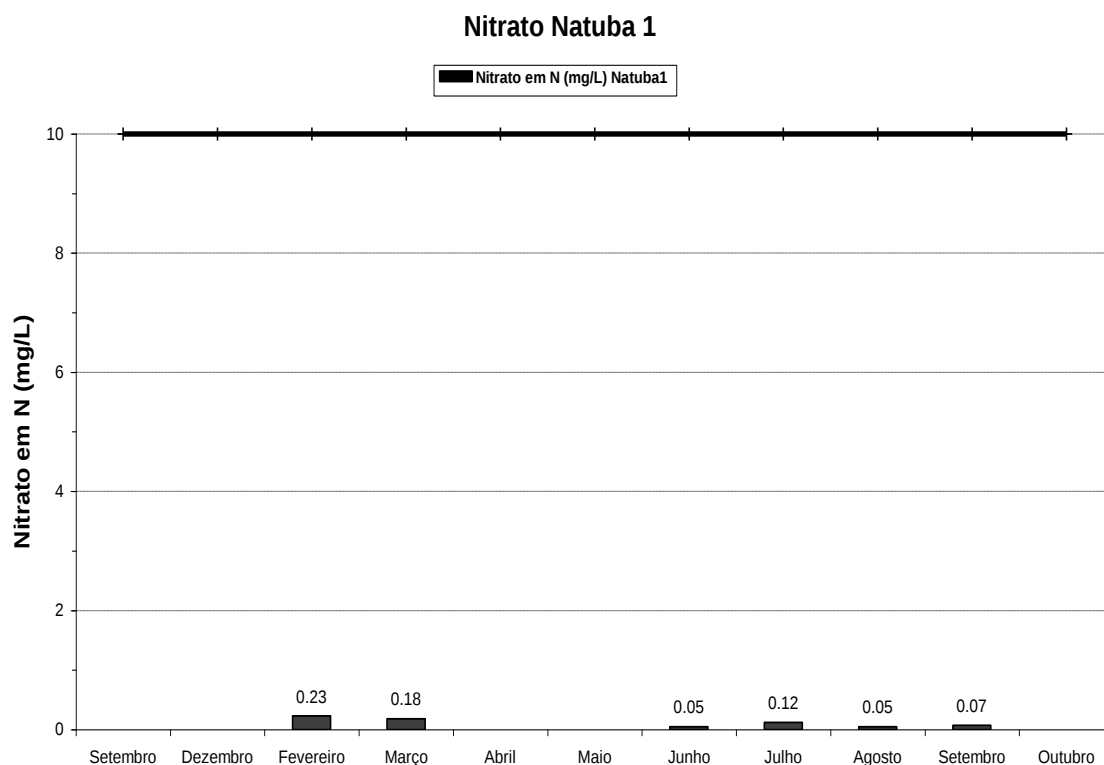


Figura 31 Distribuição dos valores correspondentes as amostras de Nitrato na microbacia Natuba 1 nos meses de setembro de 2009 à outubro de 2010. O valor de referência do CONAMA 357/2005 é de 10 mg/L para o valor máximo permitido.

Segundo as análises de Sólidos Totais, das dez amostras recolhidas nos meses de realização do estudo, apenas o mês de dezembro de 2009 (868 mg/L) obteve resultado insatisfatório quando comparado ao limite máximo, estipulado pela recomendação do CONAMA 357/2005, de 500 mg/L. O valor médio foi de 156 mg/L. O valor máximo registrado foi no mês de dezembro de 2009 quando se observou o valor de 868 mg/L e o valor mínimo de 38 mg/L foi observado no mês de julho de 2010 (Figura 32).

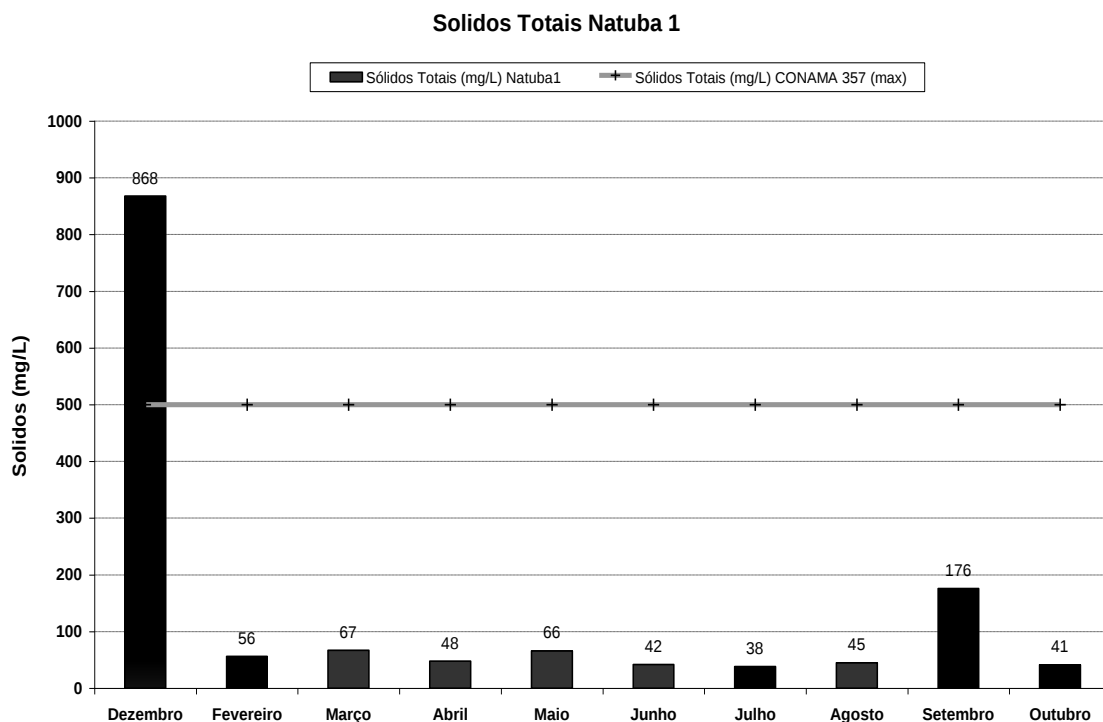


Figura 32 Distribuição dos valores correspondentes as amostras de Sólidos Totais na microbacia Natuba 1 nos meses de setembro de 2009 à outubro de 2010, comparando ao valor referencial máximo recomendado pelo CONAMA 357/ 2005.

A análise de coliformes termotolerantes, mais especificamente *Escherichia coli*, realizada pelo método *colilert* no mês de junho de 2010, demonstrou que na microbacia Natuba 1 não foram relacionados indivíduos deste grupo.

4.3.2 – Microbacia Natuba 2

Foram coletados 72 dados de qualidade para a microbacia Natuba 2 e estes estão distribuídos por 8 diferentes variáveis físico-químicas, representadas a seguir na Tabela 2.

Tabela 2 Dados explicativos sobre a qualidade da água na microbacia Natuba 2, amostrados entre o mês de setembro de 2009 e outubro de 2010.

Mês	T (°C)	pH	Turbidez (uT)	Condutividade (µS/cm)	OD (mg/L)	Nitrato em N (mg/L)	Fosfato em P (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)
Setembro	—	7.3	8.01	50.8	3	ND	0.018	—
Dezembro	—	5.9	3.35	66.1	0.2	0.02	0.054	324
Fevereiro	25.3	5.6	6.57	65.7	0.53	ND	0.27	30
Março	25.3	7	2.36	85.2	1.4	ND	0.051	43
Abril	26.7	6.1	7.24	78.8	1.41	ND	0.26	33
Maio	26.9	6.4	4.92	72.5	1.22	ND	0.28	44
Junho	23.7	6.7	53.5	50.5	4.49	ND	0.085	27
Julho	24.2	6	10.3	56.7	2.76	ND	0.05	27
Agosto	23.6	6.7	8.35	65.4	3.43	ND	0.58	37
Setembro	24.4	6.1	8.74	63.1	3.4	ND	ND	260
Outubro	25.3	7.1	5.62	67.2	3.41	ND	0.04	35

Segundo as análises de pH, das onze amostras recolhidas nos meses de realização do estudo apenas em duas ocasiões obteve-se resultado não satisfatório quando comparado ao limite mínimo estipulado pela resolução do CONAMA 357/2005, este apresentado pelas amostras dos meses de dezembro de 2009 (5,9) e fevereiro 2010 (5,6), nas demais amostras, observou-se pelo menos o valor mínimo recomendado. O valor médio foi de 6,38. O valor máximo registrado foi no mês de setembro de 2009 quando se observou o valor de 7.3 para pH (Figura 33).

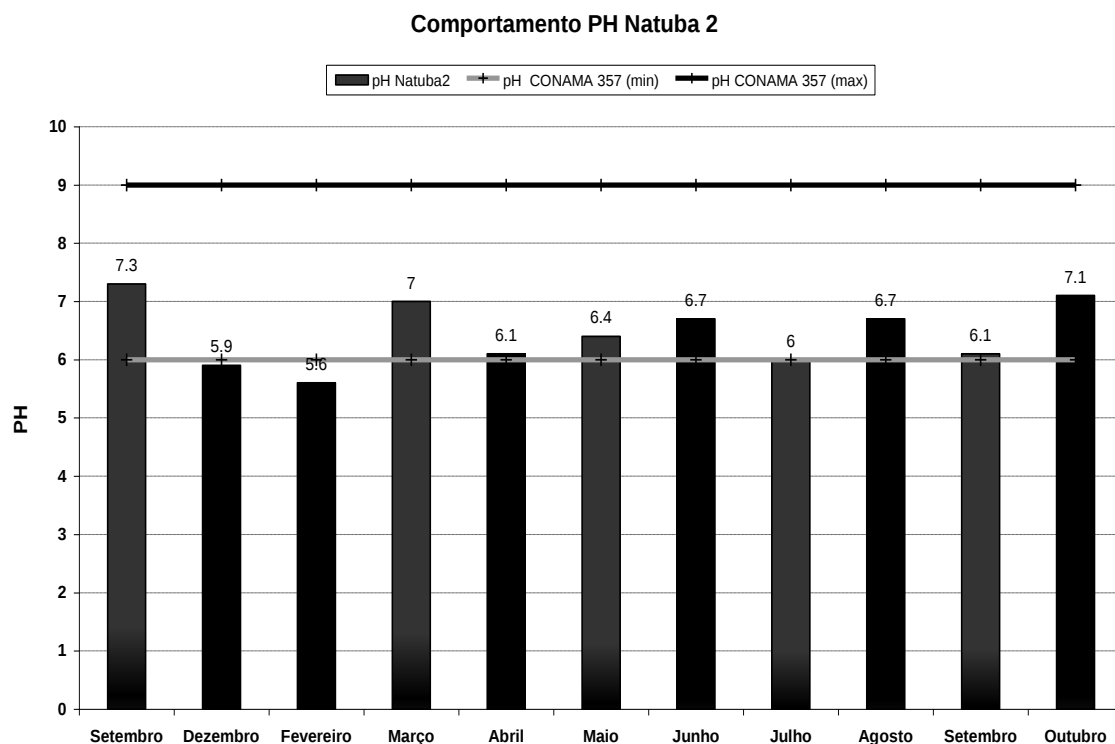


Figura 33 Distribuição dos valores correspondentes as amostras de pH na microbacia Natuba 2 nos meses de setembro de 2009 à outubro de 2010, comparando aos valores recomendados pelo CONAMA 357/ 2005.

De acordo com as análises de Turbidez das onze amostras recolhidas nos meses de análise, apenas uma não correspondeu ao limite recomendado pelo CONAMA 357/2005, para classe especial (40 unT). O valor médio foi de 11,33 unT. O valor máximo observado correspondeu a 53,3 unT ocorrido no mês de junho de 2010 e o valor mínimo observado correspondeu a 2,36 unT ocorrido no mês de março de 2010 (Figura 34).

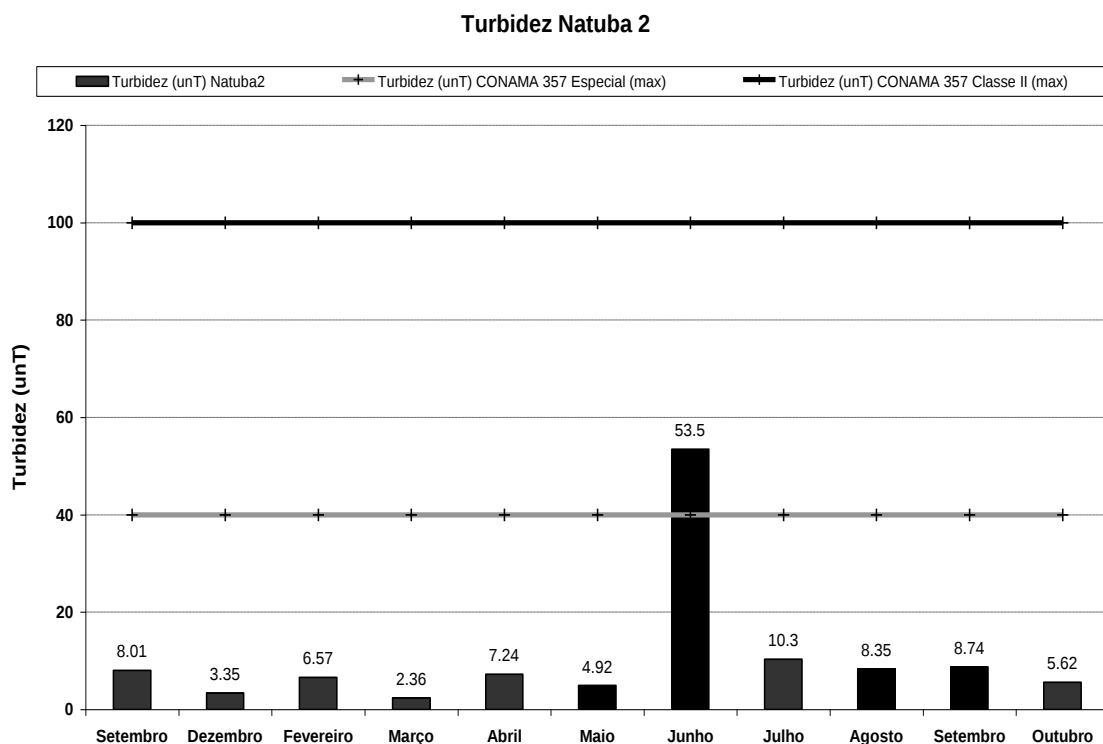


Figura 34 Distribuição dos valores correspondentes as amostras de Turbidez na microbacia Natuba 2 nos meses de setembro de 2009 à outubro de 2010, comparando aos valores referenciais, para classe especial e classe II, recomendados pelo CONAMA 357/ 2005.

Segundo as análises de Oxigênio Dissolvido das onze amostras recolhidas nos meses de análise nenhuma atende aos limites mínimos recomendados pelo CONAMA 357/2005, tanto para classe especial (6 mg/L) quanto para classe II (5 mg/L). O valor médio foi 2,04 mg/L. O valor máximo observado correspondeu a 4,49 mg/L ocorrido no mês de junho de 2010 e o valor mínimo observado correspondeu a 0,2 mg/L ocorrido no mês de dezembro de 2009 (Figura 35).

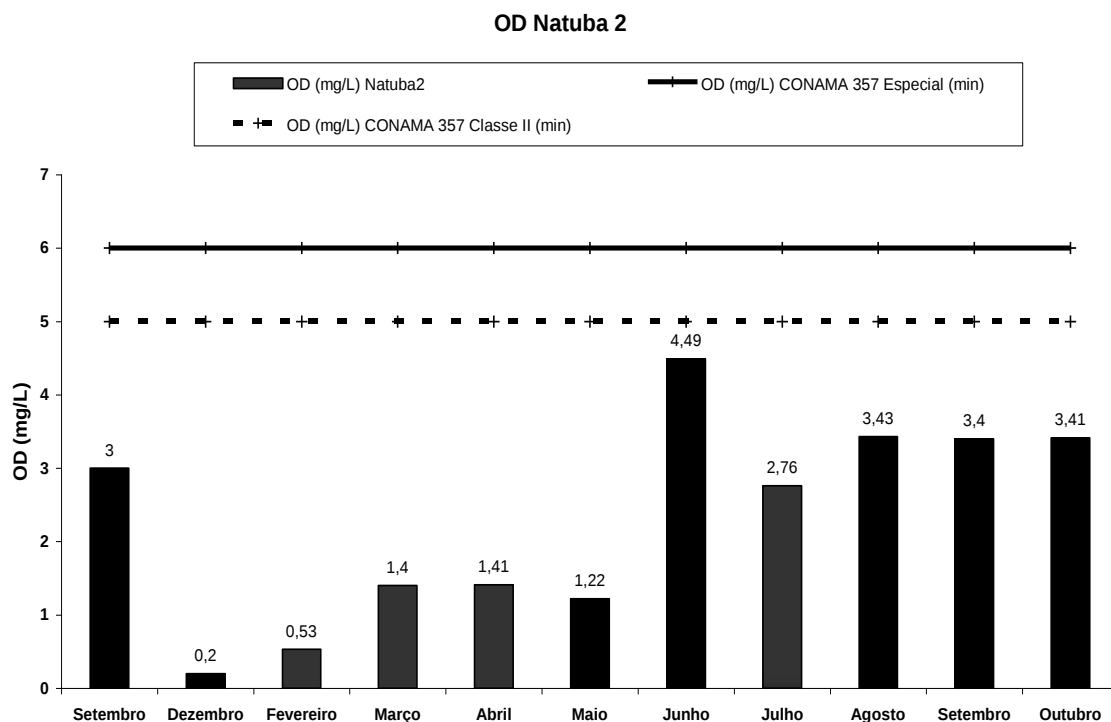


Figura 35 Distribuição dos valores correspondentes às amostras de Oxigênio Dissolvido na microbacia Natuba 2 nos meses de setembro de 2009 à outubro de 2010, comparando aos valores referenciais, para classe especial e classe II, recomendados pelo CONAMA 357/ 2005.

De acordo com as análises de Condutividade, as onze amostras recolhidas nos meses de realização do estudo obtiveram resultado satisfatório quando comparado ao limite máximo estipulado pela recomendação da CETESB (100 $\mu\text{S}/\text{cm}$). O valor médio foi de 65,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$. O valor máximo registrado foi no mês de março de 2010 quando se observou o valor de 85,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e o valor mínimo de 50,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ foi observado no mês de junho de 2010 (Figura 36).

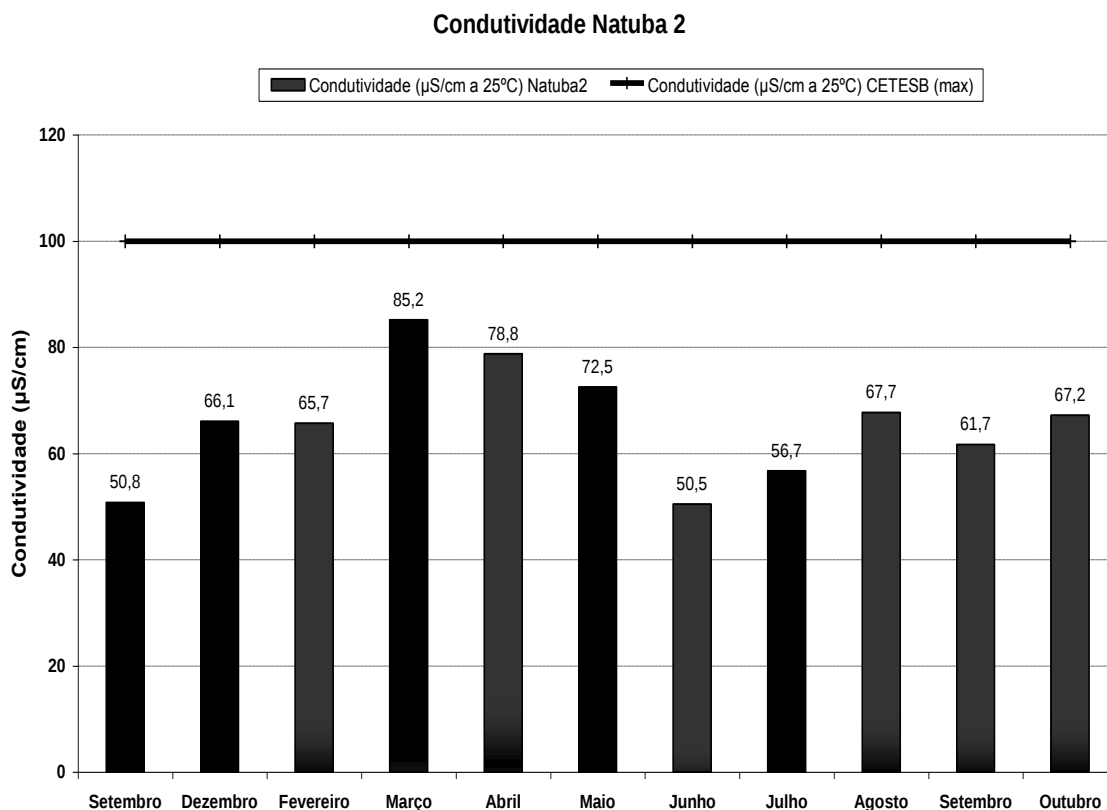


Figura 36 Distribuição dos valores correspondentes às amostras de Condutividade na microbacia Natuba 2 nos meses de setembro de 2009 à outubro de 2010, comparando aos valores referenciais, recomendados pela CETESB.

Segundo as análises de Fósforo, das nove amostras recolhidas nos meses de realização do estudo, quatro obtiveram resultado insatisfatório quando comparado ao limite máximo, estipulado pela recomendação do CONAMA 357/2005, de 0,1 mg/L. O valor médio foi de 0,18 mg/L. O valor máximo registrado foi no mês de agosto de 2010 quando se observou o valor de 0,58 mg/L e o valor mínimo de 0,018 mg/L foi observado no mês de setembro de 2009 (Figura 37).

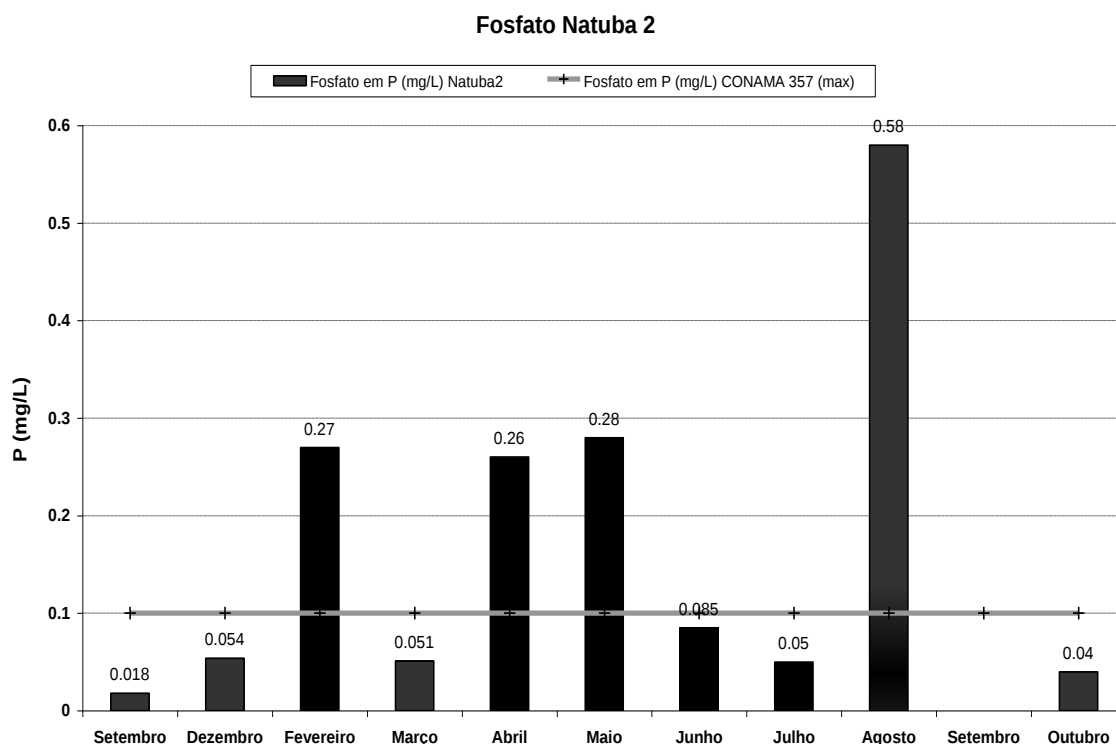


Figura 37 Distribuição dos valores correspondentes as amostras de Fosfato na microbacia Natuba 2 nos meses de setembro de 2009 à outubro de 2010, comparando ao valor referencial máximo recomendados pelo CONAMA 357/ 2005.

De acordo com as análises de Nitrato, dos meses de realização do estudo, obteve-se apenas resultado para o mês de dezembro de 2009. Esse resultado foi satisfatório quando comparado ao limite máximo, estipulado pela recomendação do CONAMA 357/2005, de 10 mg/L. O valor médio foi de 0,02 mg/L. O valor máximo registrado foi no mês de dezembro de 2009 quando se observou o valor de 0,02 mg/L e o valor mínimo de 0,02 mg/L foi observado no próprio mês de dezembro de 2009.

Segundo as análises de Sólidos Totais, das dez amostras recolhidas nos meses de realização do estudo, todos os meses obtiveram resultado satisfatório quando comparado ao limite máximo, estipulado pela recomendação do CONAMA 357/2005, de 500 mg/L. O valor médio foi de 91,66 mg/L. O valor máximo registrado foi no mês de dezembro de 2009 quando se observou o valor de 324 mg/L e o valor mínimo de 27 mg/L foi observado nos meses de junho e julho de 2010 (Figura 38).

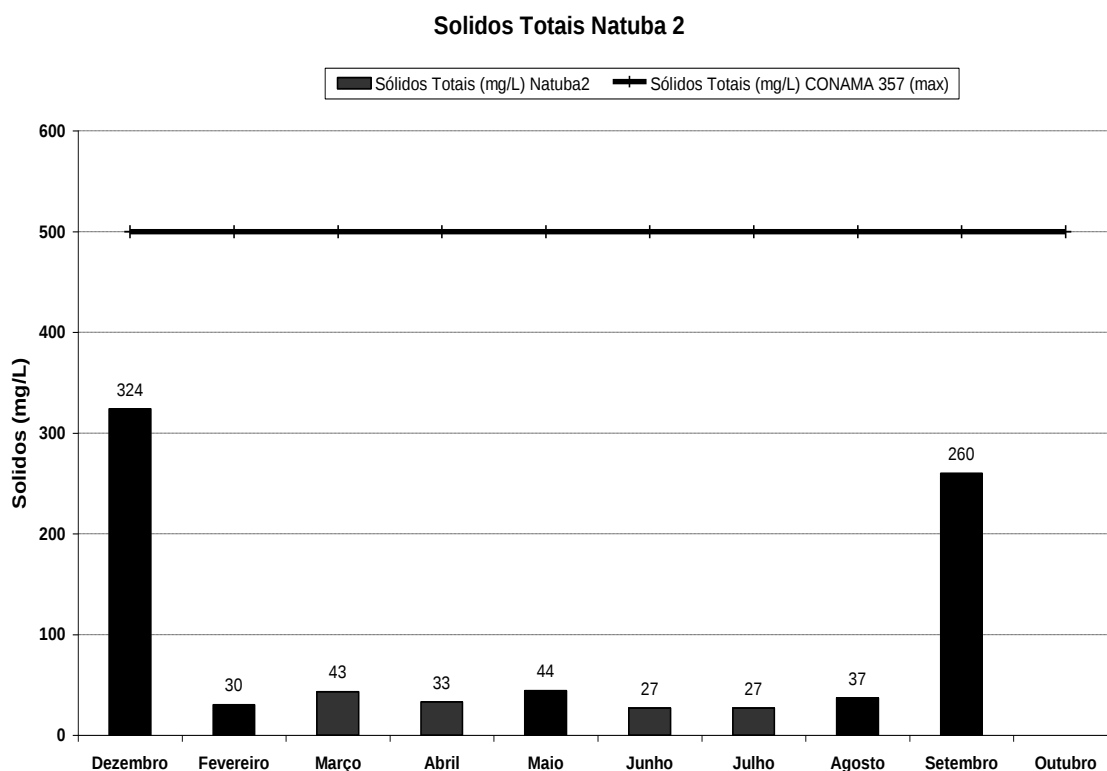


Figura 38 Distribuição dos valores correspondentes as amostras de Sólidos Totais na microbacia Natuba 2 nos meses de setembro de 2009 à outubro de 2010, comparando ao valor referencial máximo recomendados pelo CONAMA 357/ 2005.

A análise de coliformes termotolerantes, mais especificamente *Escherichia coli*, realizada pelo método *colilert* no mês de junho de 2010 demonstrou que na microbacia Natuba 2 não observou-se indivíduos deste grupo.

4.3.3 – Microbacia Natuba 3

Foram coletados 74 dados de qualidade para a microbacia Natuba 3 e estes estão distribuídos por 8 diferentes variáveis físico-químicas, representadas a seguir na Tabela 3.

Tabela 3 Dados explicativos sobre a qualidade da água na microbacia Natuba 3, amostrados entre o mês de setembro de 2009 e outubro de 2010.

Mês	T (°C)	pH	Turbidez (uT)	Condutividade (µS/cm)	OD (mg/L)	Nitrato em N (mg/L)	Fosfato em P (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)
Setembro	—	7.7	23.3	62.7	0.6	ND	0.018	—
Dezembro	—	6	5.29	115.2	1.2	ND	1.507	868
Fevereiro	26.5	6.1	14.7	79.5	2.05	ND	0.25	38
Março	26.8	7.3	7.8	118.5	3.41	ND	0.132	55
Abril	27.6	6.2	9.94	134.5	0.56	ND	0.04	45
Maio	27.9	6.7	10.8	94.4	0.19	ND	0.28	51
Junho	25	7.3	23.9	76.9	1.53	ND	0.067	39
Julho	24.4	7	5.15	73.2	2.03	0.07	0.03	36
Agosto	23.8	6.1	2.16	72.8	1.48	ND	0.35	38
Setembro	24.9	6.2	9.21	79.8	1.44	ND	0.045	152
Outubro	26.1	7.4	7.32	90.4	1.4	ND	0.094	44

Segundo as análises de pH, das onzes amostras recolhidas nos meses de realização do estudo, todas apresentaram ocasiões de resultado satisfatório quando comparado ao limite mínimo estipulado pela resolução do CONAMA 357/2005. O valor médio foi de 6,66. O valor máximo registrado foi no mês de setembro de 2009 quando se observou o valor de 7.7 e o mínimo de 6 foi observado no mês de dezembro de 2009 (Figura 39).

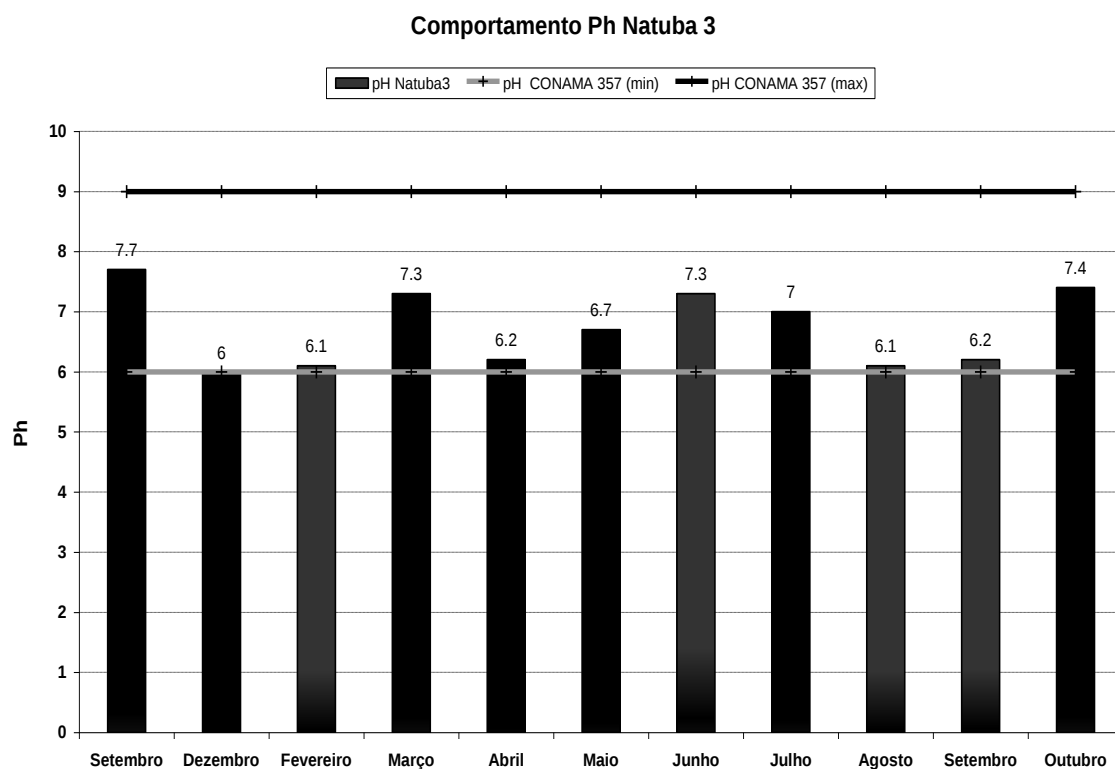


Figura 39 Distribuição dos valores correspondentes as amostras de pH na microbacia Natuba 3 nos meses de setembro de 2009 à outubro de 2010, comparando aos valores recomendados pelo CONAMA 357/ 2005.

De acordo com as análises de Turbidez das onze amostras recolhidas nos meses de análise, todas corresponderam de forma satisfatória ao limite recomendado pelo CONAMA 357/2005, para classe especial (40 unT) e conseqüentemente para Classe II (100 unT). O valor médio foi de 11,22 unT. O valor máximo observado correspondeu a 23,9 unT ocorrido no mês de junho de 2010 e o valor mínimo observado correspondeu a 2,16 unT ocorrido no mês de agosto de 2010 (Figura 40).

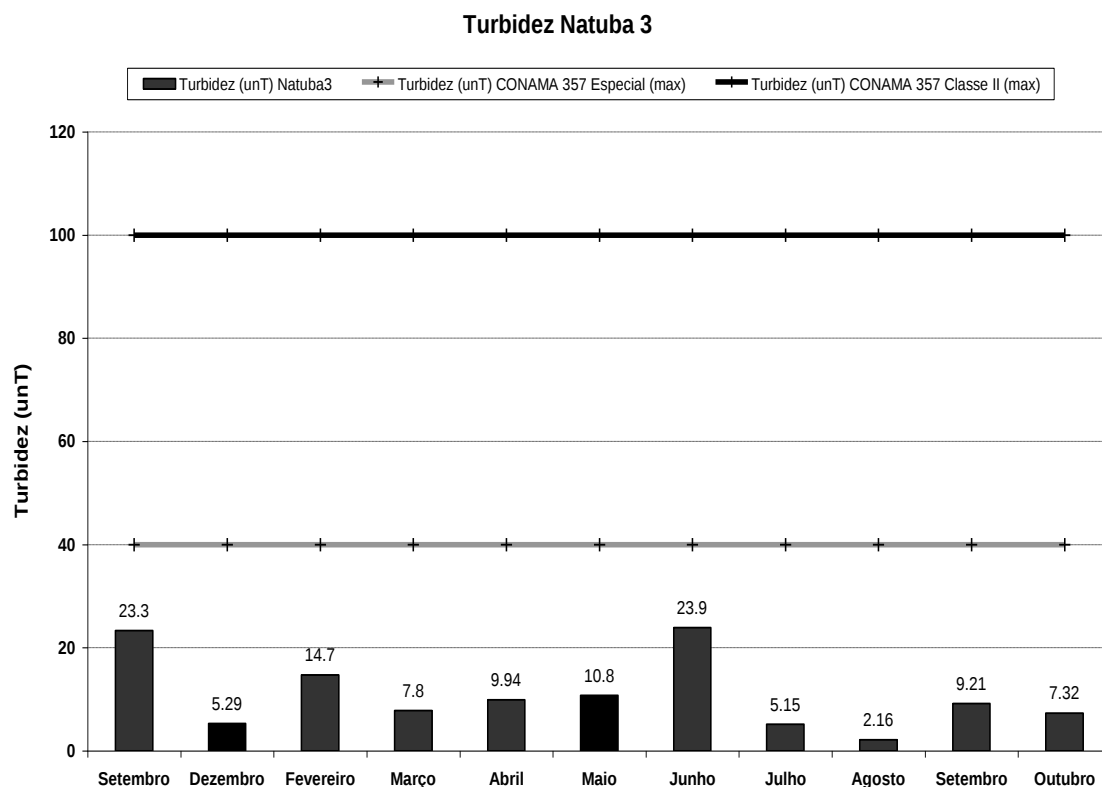


Figura 40 Distribuição dos valores correspondentes as amostras de Turbidez na microbacia Natuba 3 nos meses de setembro de 2009 à outubro de 2010, comparando aos valores referenciais, para classe especial e classe II, recomendados pelo CONAMA 357/ 2005.

Segundo as análises de Oxigênio Dissolvido, das onze amostras recolhidas nos meses de análise nenhuma atende aos limites mínimos recomendados pelo CONAMA 357/2005, tanto para classe especial (6 mg/L) quanto para classe II (5 mg/L). O valor médio foi 1,45 mg/L. O valor máximo observado correspondeu a 2,05 mg/L ocorrido no mês de fevereiro de 2010 e o valor mínimo observado correspondeu a 0,19 mg/L ocorrido no mês de maio de 2010 (Figura 41).

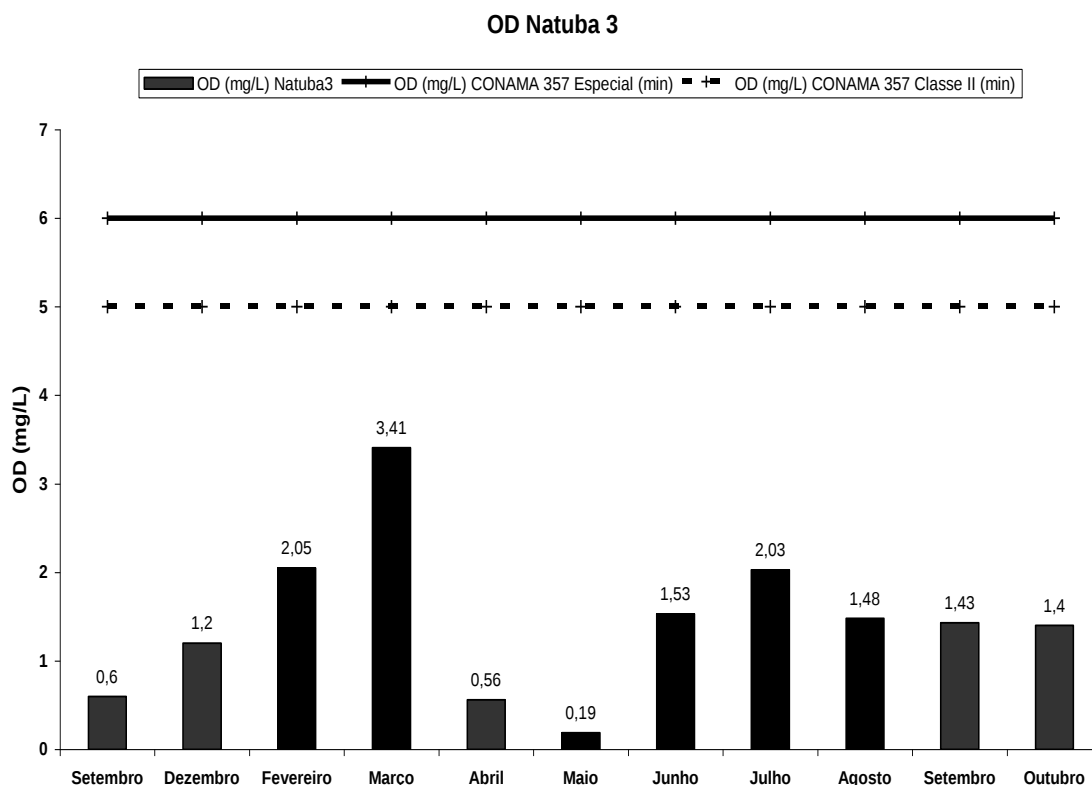


Figura 41 Distribuição dos valores correspondentes as amostras de Oxigênio Dissolvido na microbacia Natuba 3 nos meses de setembro de 2009 à outubro de 2010, comparando aos valores referenciais, para classe especial e classe II, recomendados pelo CONAMA 357/ 2005.

De acordo com as análises de Condutividade, das onze amostras recolhidas nos meses de realização do estudo, três obtiveram resultado insatisfatório quando comparado ao limite máximo estipulado pela recomendação da CETESB (100 $\mu\text{S}/\text{cm}$). O valor médio foi de 92,55 $\mu\text{S}/\text{cm}$. O valor máximo registrado foi no mês de abril de 2010 quando se observou o valor de 134,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e o valor mínimo de 62,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ foi observado no mês de setembro de 2009 (Figura 42).

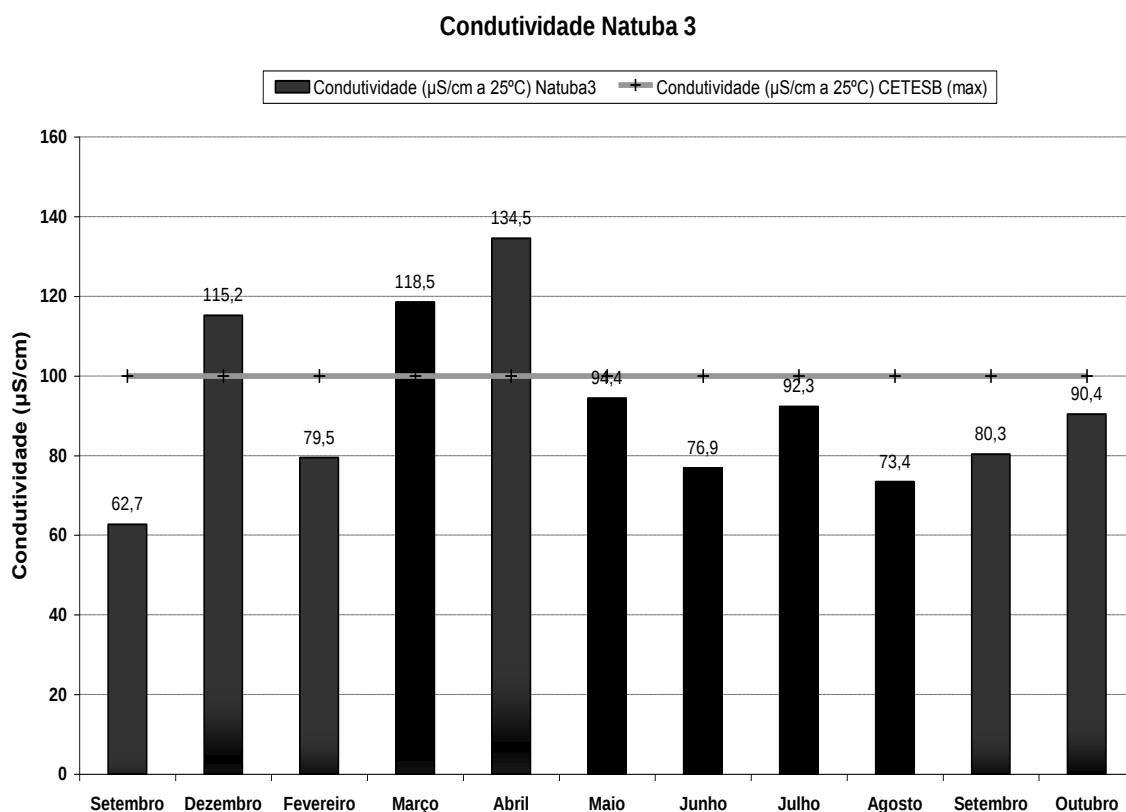


Figura 42 Distribuição dos valores correspondentes as amostras de Condutividade na microbacia Natuba 3 nos meses de setembro de 2009 à outubro de 2010, comparando aos valores referenciais, recomendados pela CETESB.

Segundo as análises de Fósforo, das dez amostras recolhidas nos meses de realização do estudo, cinco obtiveram resultado insatisfatório quando comparado ao limite máximo, estipulado pela recomendação do CONAMA 357/2005, de 0,1 mg/L. O valor médio foi de 0,17 mg/L. O valor máximo registrado foi no mês de dezembro de 2009 quando se observou o valor de 0,51 mg/L e o valor mínimo de 0,018 mg/L foi observado no mês de setembro de 2009 (Figura 43).

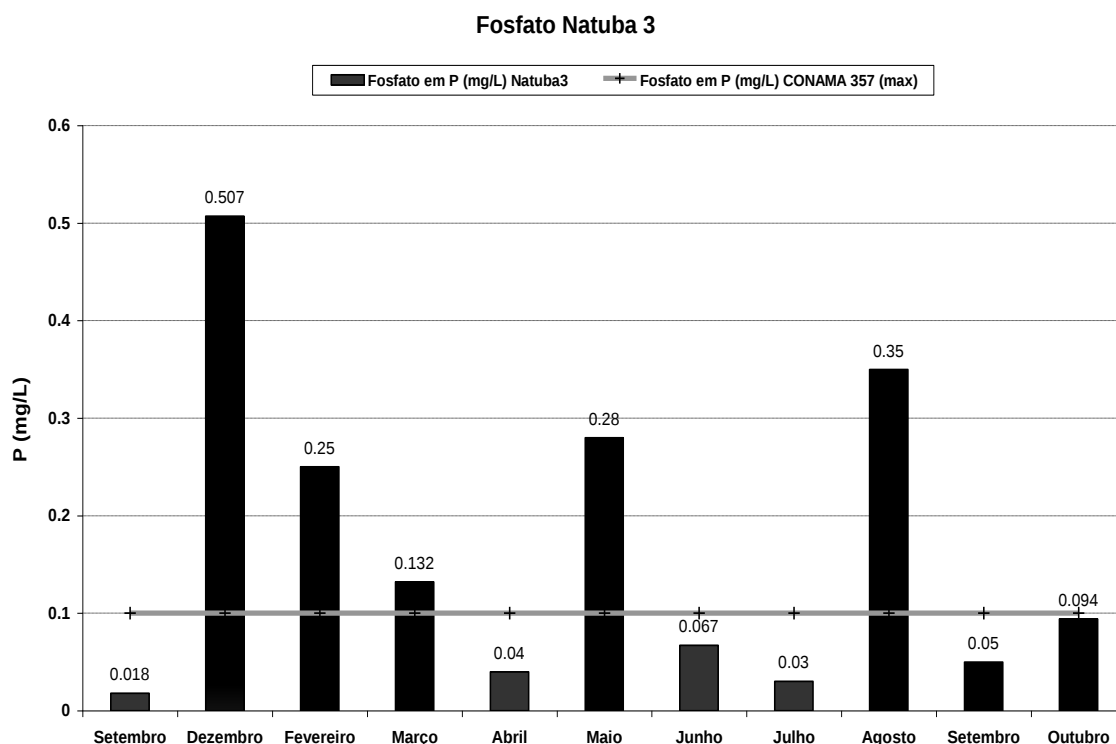


Figura 43 Distribuição dos valores correspondentes as amostras de Fosfato na microbacia Natuba 3 nos meses de setembro de 2009 à outubro de 2010, comparando ao valor referencial máximo recomendados pelo CONAMA 357/ 2005.

De acordo com as análises de Nitrato, dos meses de realização do estudo, obteve-se apenas resultado para o mês de julho de 2010. Esse resultado foi satisfatório quando comparado ao limite máximo, estipulado pela recomendação do CONAMA 357/2005, de 10 mg/L. O valor médio foi de 0,07 mg/L. O valor máximo registrado foi no mês de julho de 2010 quando se observou o valor de 0,07 mg/L e o valor mínimo de 0,07 mg/L foi observado no próprio mês de julho de 2010.

Segundo as análises de Sólidos Totais, das dez amostras recolhidas nos meses de realização do estudo, apenas o mês de dezembro de 2009 obteve resultado insatisfatório quando comparado ao limite máximo, estipulado pela recomendação do CONAMA 357/2005, de 500 mg/L. O valor médio foi de 147 mg/L. O valor máximo registrado foi no mês de dezembro de 2009 quando se observou o valor de 868 mg/L e o valor mínimo de 36 mg/L foi observado no mês de julho de 2010 (Figura 44).

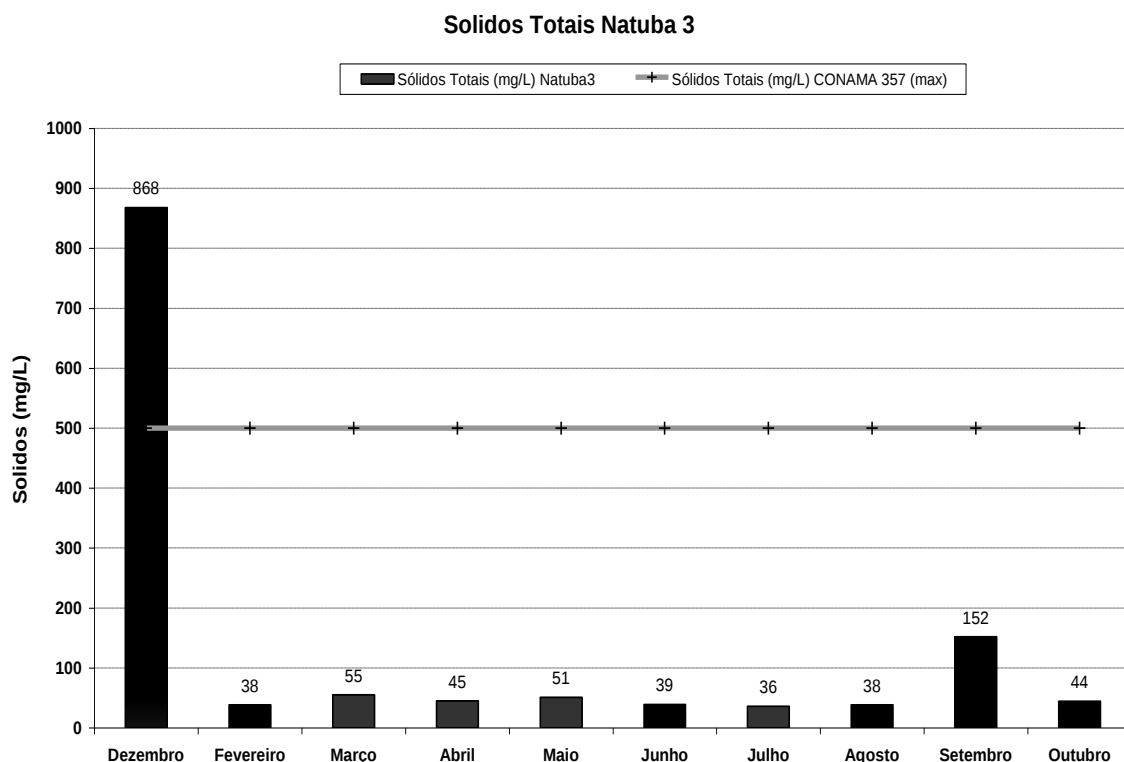


Figura 44 Distribuição dos valores correspondentes as amostras de Sólidos Totais na microbacia Natuba 3 nos meses de setembro de 2009 à outubro de 2010, comparando ao valor referencial máximo recomendados pelo CONAMA 357/ 2005.

A análise de coliformes termotolerantes realizada pelo método *colilert* no mês de junho de 2010 demonstrou que a microbacia Natuba 3 foi a única microbacia aonde observou-se a presença de *Escherichiae coli* mesmo que em baixas concentrações. O valor de 100 unidades por NMP/ 100 ml foi inferior ao limite de 200 NMP / 100 ml estipulado pelo CONAMA 357 para a Classe especial e Classe 1.

4.4 - Fatores comparativos e relevantes às três microbacias

Considerando as análises não paramétricas entre as variáveis das três microbacias, podemos encontrar alguns padrões de relevância para a realização da descrição das características de qualidade da água na sub bacia do alto Natuba.

A temperatura é uma variável que não possui limite relacionado à resolução do CONAMA 357, possivelmente por haver variações constantes da mesma, tanto diariamente, com a flexibilidade radiante, quanto sazonalmente.

Na microbacia Natuba 1 onde a cobertura vegetal é plena observou-se a menor temperatura média, enquanto que na microbacia 3 o comportamento foi inverso, devido ao fato de não haver mais nenhum tipo de cobertura vegetal natural. A análise de variância não paramétrica de Kruskal Wallis apresentou um $H = 11,68$ e um $(p) = 0,0029$ evidenciando a hipótese alternativa da diferença da temperatura entra as microbacias. O teste paramétrico de Tukey apresentou o mesmo resultado, com um $F = 8,9$ e um $(p) = 0,0016$.

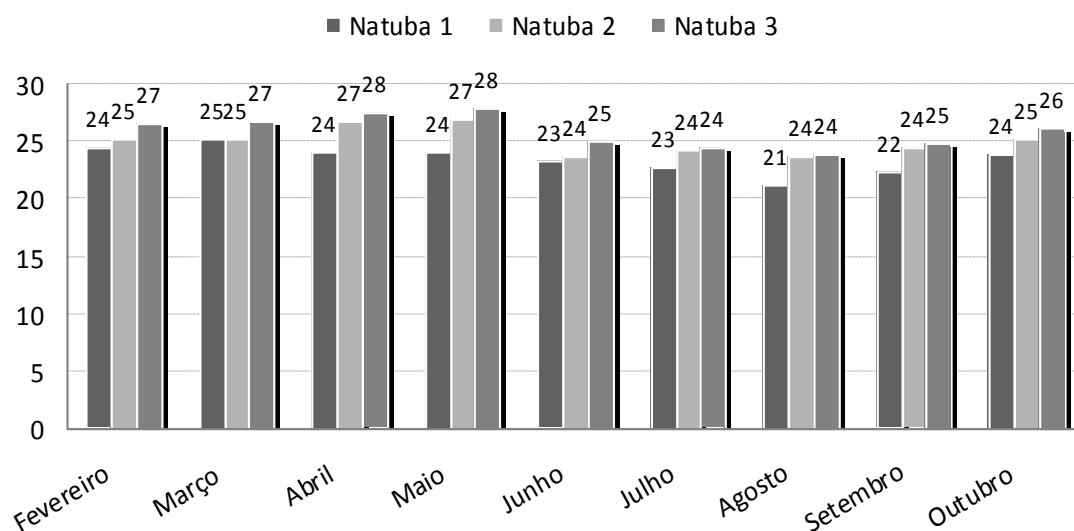


Figura 45 Distribuição dos valores correspondentes às amostras de temperatura nas microbacias Natuba 1, 2 e 3 nos meses de fevereiro a outubro de 2010.

Podemos dizer que existe uma analogia entre o destaque do pH entre os meses de julho a setembro, às características das microbacias. À medida que a chuva diminui a resposta do pH aparece de forma inversamente proporcional, significando um reflexo ao possível retardo de pico de vazão nas áreas com maior cobertura. Quase que sempre os níveis de pH estiveram oscilando próximo ao limite mínimo estipulado pela CONAMA 357/2005 (Figura 46).

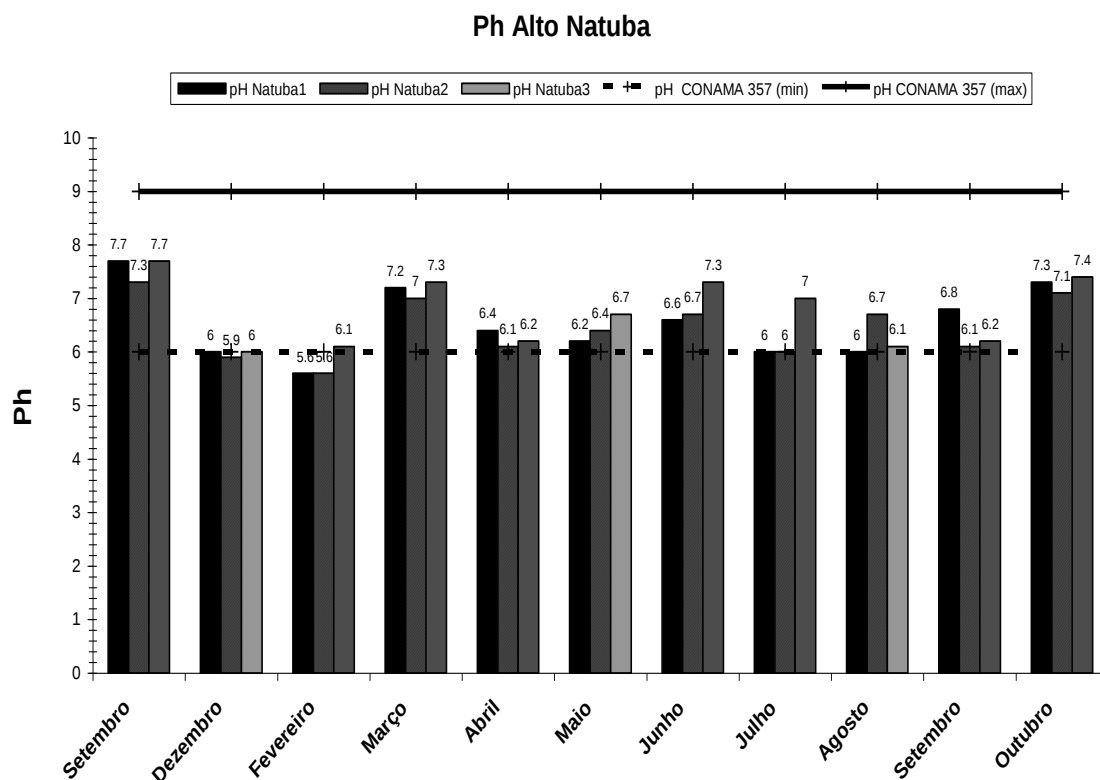


Figura 46 Distribuição dos valores correspondentes as amostras de pH nas microbacias Natuba 1, 2 e 3 nos meses de setembro de 2009 à outubro de 2010, comparando aos valores recomendados pelo CONAMA 357/ 2005.

Foi observado que a saturação do Oxigênio na água é diretamente proporcional ao aumento do *Oxigênio Dissolvido*, este que, acompanha o aumento dos eventos de chuva e conseqüentemente das vazões, principalmente nas áreas de grande declividade, como a microbacia Natuba 1, onde é observada maiores turbulências e conseqüentemente maior aeração (Figuras 47 e 48). Os níveis mínimos de OD determinados pela CONAMA 357/2005 foram alcançados nos meses de maior aeração (Figura 48).

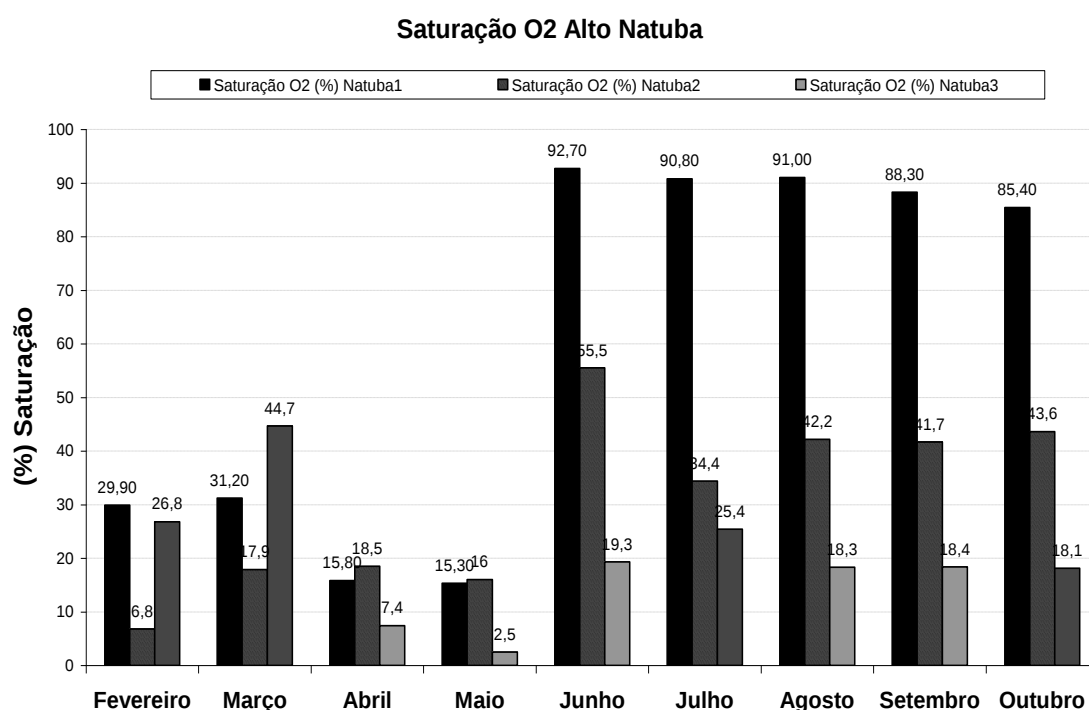


Figura 47 Valores de saturação de Oxigênio Dissolvido nas microbacias Natuba 1, 2 e 3 nos meses de fevereiro à outubro de 2010.

Oxigênio Dissolvido Alto Natuba

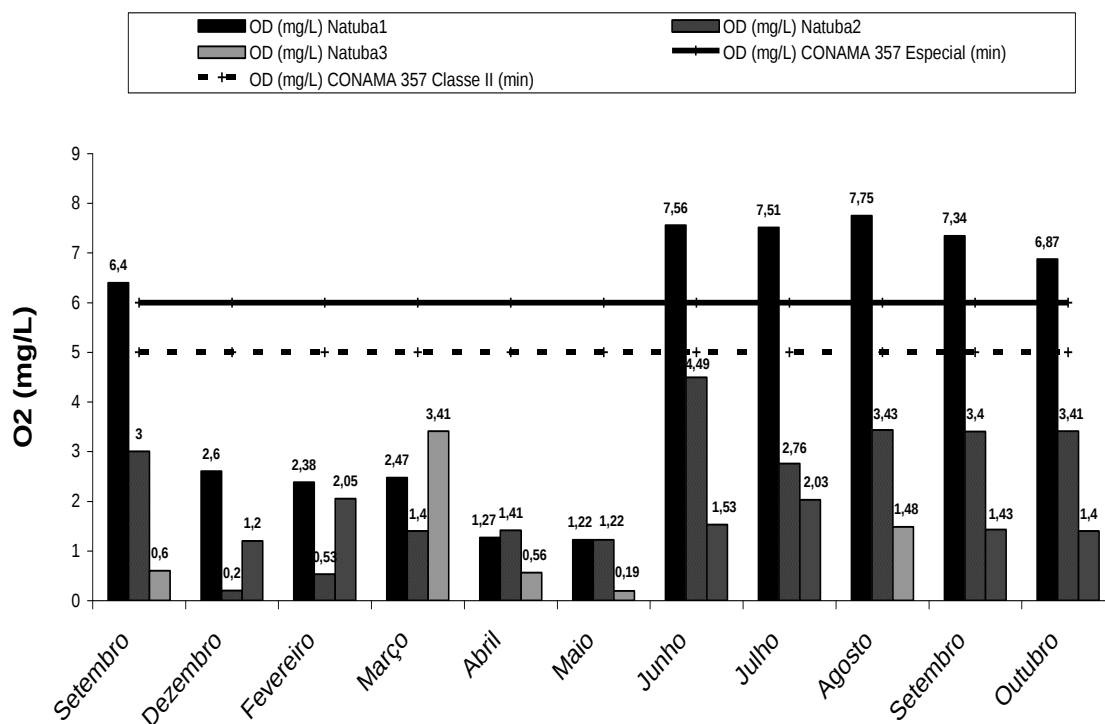


Figura 48 Valores de Oxigênio Dissolvido nas microbacias Natuba 1, 2 e 3 nos meses de setembro de 2009 a outubro de 2010, de acordo com CONAMA 357/2005.

Foi possível ainda observar que no período de chuvas esparsas a condutividade aumentou proporcionalmente nas microbacias do alto Natuba, ultrapassando em alguns casos o limite determinado pela CETESB (Figura 49)

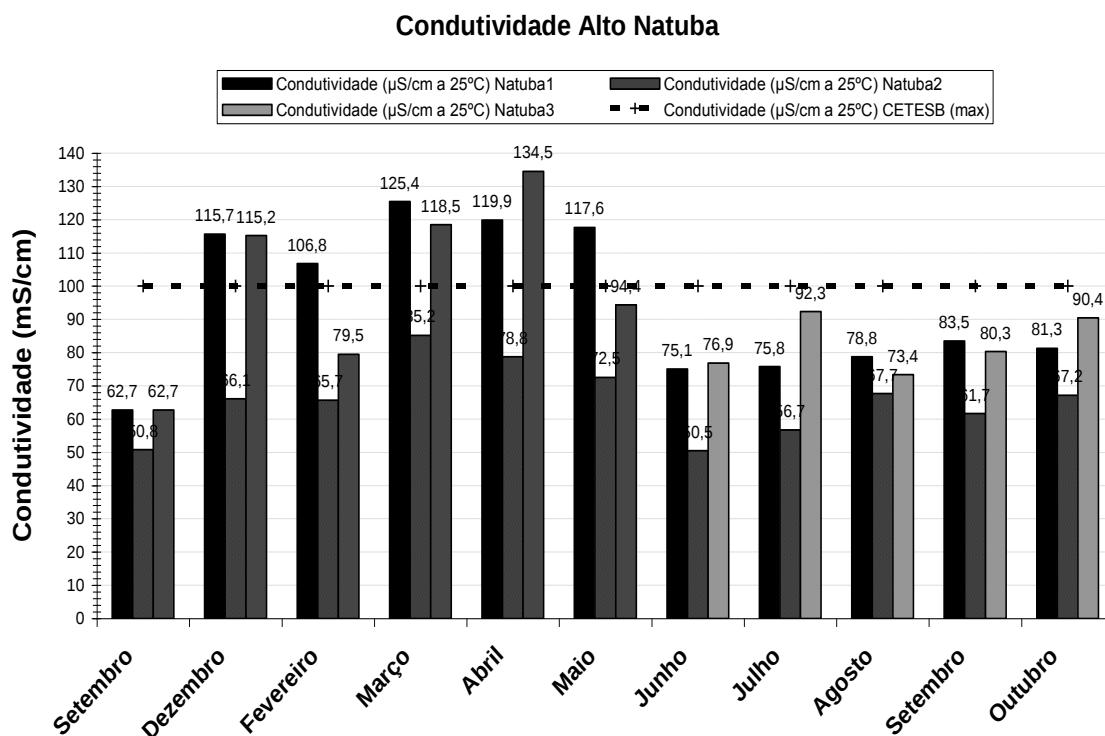


Figura 49 Distribuição dos valores correspondentes as amostras de Condutividade nas microbacias Natuba 1, 2 e 3 nos meses de setembro de 2009 à outubro de 2010, comparando ao valor referencial, recomendado pela CETESB.

É importante salientar que nas variáveis restantes não foi possível observar padrões comparativos relacionados a qualquer outra variável, apresentando, estas, assim um padrão típico individual para cada situação de espaço e tempo para cada área. Para melhor descrição de tal evento é necessário observar os Apêndices 4, 5, 6 e 7 em anexo neste documento.

4.5 – Análise de Conformidade

A análise de conformidade considerou todos os dados obtidos no período de amostragem, gerando uma proporção percentual classificatória estruturada no estudo da série. Dessa forma, considerando os limites estabelecidos para os corpos de água doce pelo CONAMA 357/2005, foram geradas três tabelas de conformidade. A Tabela 4 apresenta a análise de conformidade para a microbacia Natuba 1, a Tabela 5 a análise de conformidade para a microbacia Natuba 2 e a Tabela 6 a análise de conformidade para a microbacia Natuba 3.

Para microbacia Natuba 1 foi esperado a maior tendência de adesão à conformidade referente à Resolução CONAMA 357/2005. O percentual médio considerando todas as variáveis foi de 78% de adesão, este, relacionado ao conjunto das variáveis à referência limítrofe da classe especial (Tabela 4).

Tabela 4 Dados percentuais classificatórios para o intervalo da série de coletas entre os meses de setembro de 2009 e outubro de 2010, relacionando a conformidade para os limites do CONAMA 357/2005 e a CETESB, na microbacia Natuba 1.

Natuba 1							
Conformidade	pH	Turbidez (unT)	OD (mg/L)	Condutividade (µS/cm)	Fosfato em P (mg/L)	Nitrato em N (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)
Classe Limite ou Intervalo	91%			54,50%	55,55%	100%	90%
Classe Especial		100%	54,50%		55,55%		
Classe I			54,50%		55,55%		
Classe II			54,50%		55,55%		
Classe III			54,50%		55,55%		
Classe IV			81,82%		55,55%		

A microbacia Natuba 2 apresentou um índice percentual de adesão a resolução CONAMA 357/2005 de 76%. Para isto foi considerando o conjunto das variáveis em referência à classe especial (Tabela 5).

Tabela 5 Dados percentuais classificatórios para o intervalo da série de coletas entre os meses de setembro de 2009 e outubro de 2010, relacionando a conformidade para os limites do CONAMA 357/2005 e a CETESB, na microbacia Natuba 2.

Natuba 2							
Conformidade	pH	Turbidez (unT)	OD (mg/L)	Condutividade (µS/cm)	Fosfato em P (mg/L)	Nitrato em N (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)
Classe Limite ou Intervalo	82%			100%	60%	100%	100%
Classe Especial		91%	0%		60%		
Classe I		100%	0%		60%		
Classe II			0%		60%		
Classe III			9,10%		60%		
Classe IV			54,50%		60%		

A microbacia Natuba 3 apresentou um índice percentual de adesão a resolução CONAMA 357/2005 de 73%. Sendo considerando para isto, o conjunto das variáveis em referência à classe especial (Tabela 6).

Tabela 6 Dados percentuais classificatórios para o intervalo da série de coletas entre os meses de setembro de 2009 e outubro de 2010, relacionando a conformidade para os limites do CONAMA 357/2005 e a CETESB, na microbacia Natuba 2.

Natuba 3							
Conformidade	pH	Turbidez (unT)	OD (mg/L)	Condutividade (µS/cm)	Fosfato em P (mg/L)	Nitrato em N (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)
Classe Limite ou Intervalo	100%			72,70%	54,54%		90%
Classe Especial		100%	0%		54,54%	100%	
Classe I			0%		54,54%		
Classe II			0%		54,54%		
Classe III			0%		63,63%		
Classe IV			27,30%		63,63%		

4.6 – Análise de Condição

Considerando os valores previstos para cada classe de água doce é possível definir a condição do corpo de água estudado. Para objetivar um resultado com abrangência de todo o período de coleta, foi considerado justa a relação de condição aos dados classificatórios da análise de conformidade. O Quadro 13 apresenta a análise para a microbacia Natuba 1, o Quadro 14 a análise para a microbacia Natuba 2 e o Quadro 15 a análise para a microbacia Natuba 3.

De forma geral, considerando as três estações de coleta de dados, admite-se que a água apresentou perfil de qualidade de classe *Especial* para a maioria das variáveis. A discordância de tendência concentrou-se nas variáveis de *Oxigênio Dissolvido* e *Fosfato*. Na microbacia Natuba 1 a condição do OD foi *Classe II* e do Fosfato foi *Classe II*. Na microbacia Natuba 2 a condição de OD foi *Classe IV* e do Fosfato foi *Classe II*. Na microbacia Natuba 3 a condição de OD também foi *Classe IV* e do Fosfato também foi *Classe II*.

Quadro 13 Avaliação de condição baseado nos dados percentuais classificatórios da análise de conformidade realizada para a microbacia Natuba 1, entre os meses de setembro de 2009 e outubro de 2010. Dados de referenciais do CONAMA 357/2005 e CETESB.

Qualidade e Condição	Parâmetros									
	T (°C)	PH (6,0 - 9,0)	Turbidez (uT)	Condutividade (µS/cm) CETESB (≤100)	OD (mg/L)	Nitrato (mg/L) (≤ 10,0)	Fosfato (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L) (≤500)	Coliformes NMP/100ml	
Ótimo (até 100%) Especial		X	X			X		X	X	
Bom (até 80%) Classe I										
Regular (até 60%) II				X	X		X			
Ruim (até 40 %) III										
Péssimo (até 20 %) IV										

Quadro 14 Avaliação de condição baseado nos dados percentuais classificatórios da análise de conformidade realizada para a microbacia Natuba 2, entre os meses de setembro de 2009 e outubro de 2010. Dados de referenciais do CONAMA 357/2005 e CETESB.

Qualidade e Condição	Parâmetros									
	T (°C)	PH (6,0 - 9,0)	Turbidez (uT)	Condutividade (µS/cm) CETESB (≤100)	OD (mg/L)	Nitrato (mg/L) (≤ 10,0)	Fosfato (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L) (≤500)	Coliformes NMP/100ml	
Ótimo (até 100%) Especial		X	X	X		X		X	X	
Bom (até 80%) Classe I										
Regular (até 60%) II							X			
Ruim (até 40 %) III										
Péssimo (até 20 %) IV					X					

Quadro 15 Avaliação de condição baseado nos dados percentuais classificatórios da análise de conformidade realizada para a microbacia Natuba 3, entre os meses de setembro de 2009 e outubro de 2010. Dados de referenciais do CONAMA 357/2005 e CETESB.

Qualidade e Condição	Parâmetros									
	T (°C)	PH (6,0 - 9,0)	Turbidez (uT)	Condutividade (µS/cm) CETESB (≤100)	OD (mg/L)	Nitrato (mg/L) (≤ 10,0)	Fosfato (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L) (≤500)	Coliformes NMP/100ml	
Ótimo (até 100%) Especial		X	X			X		X	X	
Bom (até 80%) Classe I				X						
Regular (até 60%) II							X			
Ruim (até 40 %) III										
Péssimo (até 20 %) IV					X					

4.7 – Análise de Dependência

Algumas das variáveis possuem um estado de dependência entre si, pois estão relacionadas física ou quimicamente.

A regressão linear mostrou que a relação *Oxigênio Dissolvido* x *Temperatura* obteve melhores resultados nas áreas de exposição indiretamente ao sol, ou seja, áreas de sombra. A explicabilidade da variável dependente através da independente na microbacia Natuba 1 foi de 48,3% ($R^2 = 0,54$), enquanto que na microbacia Natuba 2 foi de 49% ($R^2 = 0,55$), e na microbacia Natuba 3 aonde há exposição direta ao sol, foi próximo a 0% ($R^2 = 0,07$), (Figura 50).

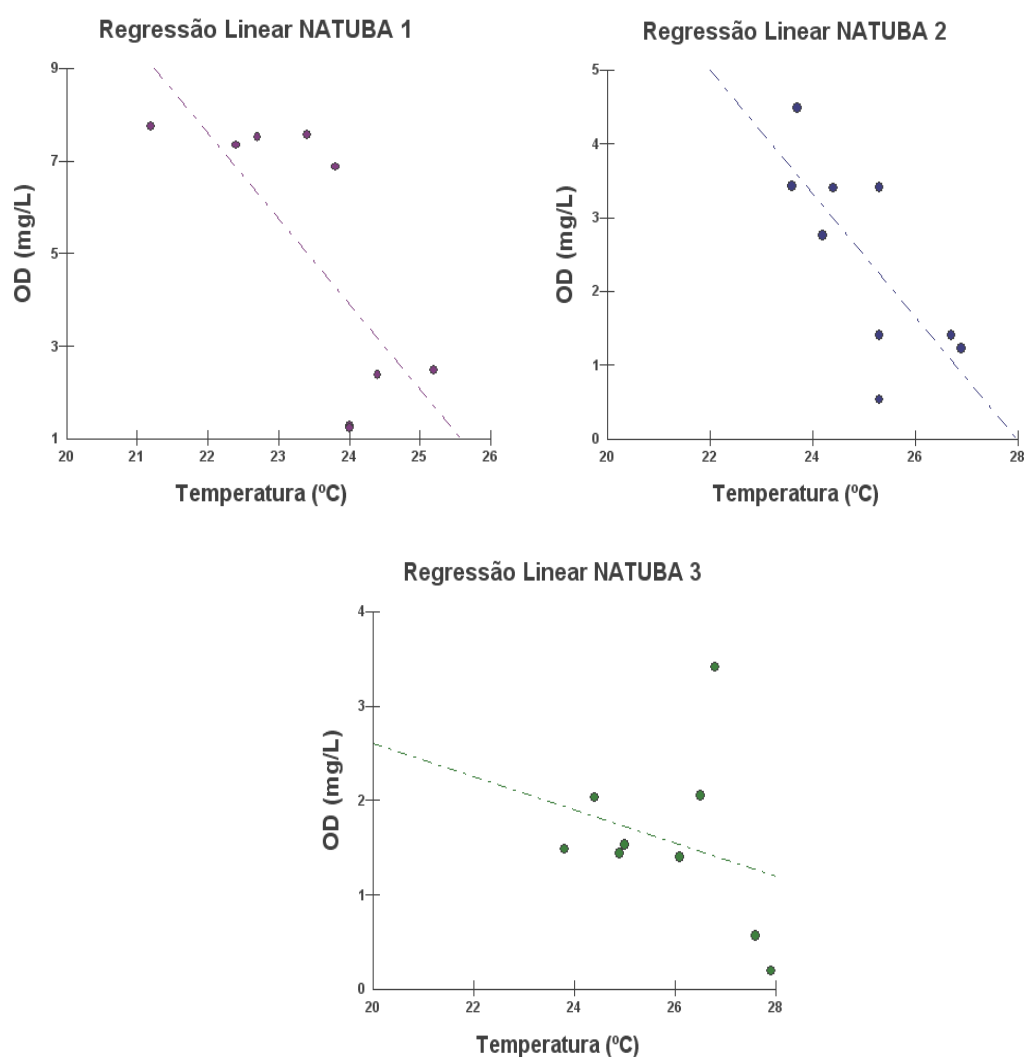


Figura 50 Análises de dependência realizadas para as três microbacias experimentais, confrontando Oxigênio Dissolvido em decorrência da variação da Temperatura, nos meses de fevereiro a outubro de 2010.

A segunda análise de dependência realizada foi para comparar a variável dependente *Condutividade* com os *Sólidos Totais*.

A regressão linear mostrou que a relação entre *Condutividade* x *Sólidos Totais* foi mais condizente em termos de dependência na área da microbacia Natuba 3, com explicabilidade de 34% ($R^2 = 0,12$). Nas outras microbacias a explicabilidade ficou abaixo dos 2% (Figura 51).

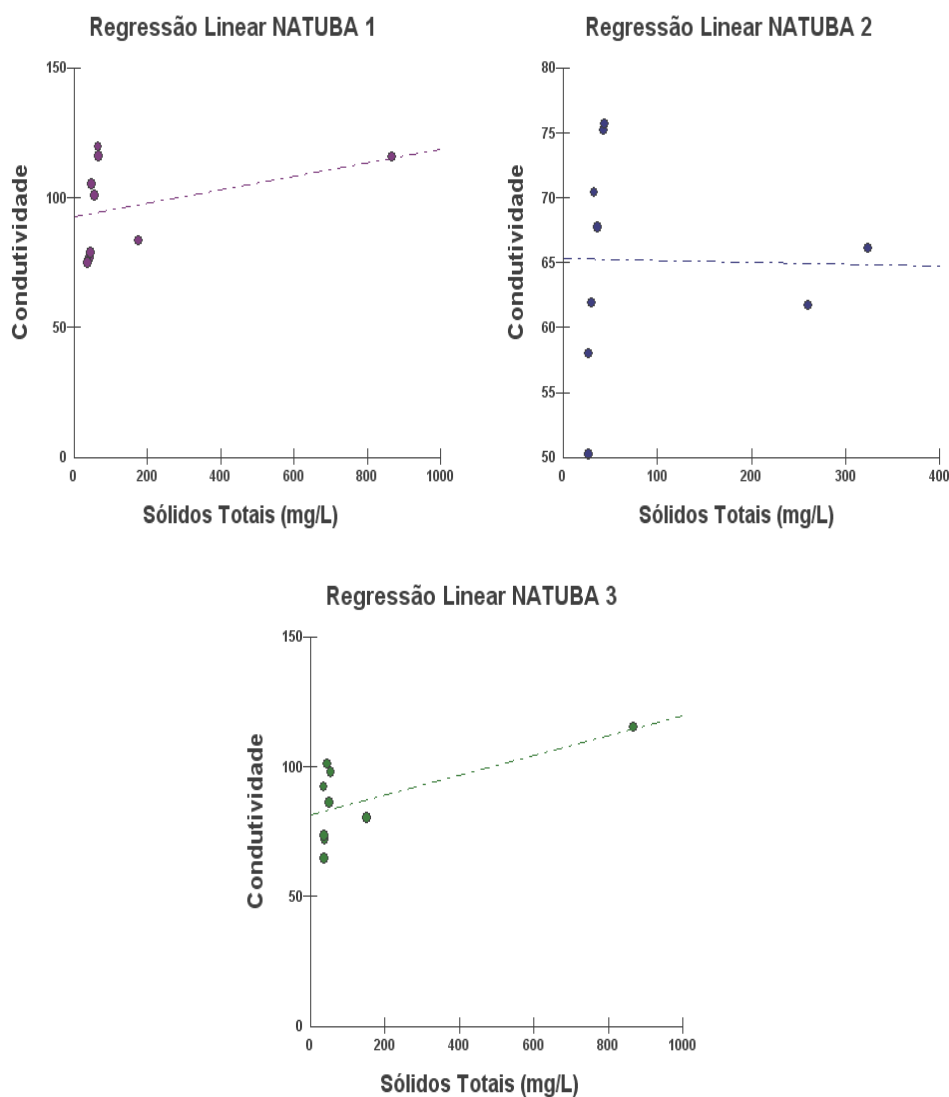


Figura 51 Análises de dependência realizadas para as três microbacias experimentais, confrontando Condutividade em decorrência da variação dos Sólidos Totais, nos meses de dezembro de 2009 a setembro de 2010.

5 – Quantidade da Água

5.1 – Chuvas

O estudo comparativo das chuvas consistiu em se utilizar os dados de precipitação pluviométrica dos postos de coleta e PCDs vizinhas ao Alto Natuba, para se estimar uma média pluviométrica regional. Os postos utilizados foram organizados de forma a se chegar ao valor da média histórica mensal, considerando o maior número amostral de eventos possível. Alguns postos apresentaram falhas nas séries mensais e por isso se fez necessário utilizar o método de correção de falhas das regressões lineares ponderadas, descrito em Tucci (2007).

Os postos relacionados foram: PCD Vitória (Lat 8° 7' 43" Long 35° 18' 10"), PCD Pombos (Lat 8° 8' 50" Long 35° 24' 29"), Engenho Pirapama (Lat 8° 13' 34" Long 35° 19' 3"), Engenho Pitu (Lat 8° 13' 10" Long 35° 20' 42"), Engenho Serra Grande (Lat 8° 12' 0" Long 35° 21' 0").

Utilizando-se das médias pluviométricas das séries dos postos vizinhos e da metodologia das regressões ponderadas para falhas de eventos, obteve-se uma média histórica para a região e os possíveis valores mensais complementares aos meses sem registro do ano de 2010 da PCD Natuba.

Para realização do estudo hidrológico foi utilizado, como referência para a pluviometria, o posto de coleta de dados hidrometeorológicos PCD Natuba, este, localizado na estrutura do vertedouro da bacia Natuba 2 e o posto de coleta manual, denominado Natuba *Ville de Paris*, este, localizado na bacia Natuba 3. Por causa de sucessivos problemas técnicos, como: a deterioração da memória do *Data Logger* e a destruição das paredes do vertedor pelas chuvas intensas, o tempo de funcionamento do equipamento da PCD Natuba foi compreendidamente reduzido entre os meses de junho a outubro de 2010.

Na PCD Natuba obteve-se para o mês de junho o valor de 520,92 mm, julho 171 mm, agosto 141,75 mm, setembro 100 mm e outubro 18 mm. No pluviômetro *Ville de Paris* foi registrado para o mês de junho 525,22 mm, 174,4 mm para o mês de julho, 142,1 mm para agosto, 96 mm para setembro e 18,7 mm para o mês de outubro.

Segundo o estudo de regressão, o percentual de explicabilidade das variáveis é de 99.98% ($R^2 = 0,99$), significando com isso que não há diferença considerável entre os métodos de coleta aplicados para determinação da pluviosidade no alto Natuba, entre os meses de coleta (Figura 52). O teste ANOVA apresentou $F = 0,0001$ e $(p) = 0,9900$, reforçando a análise de dependência.

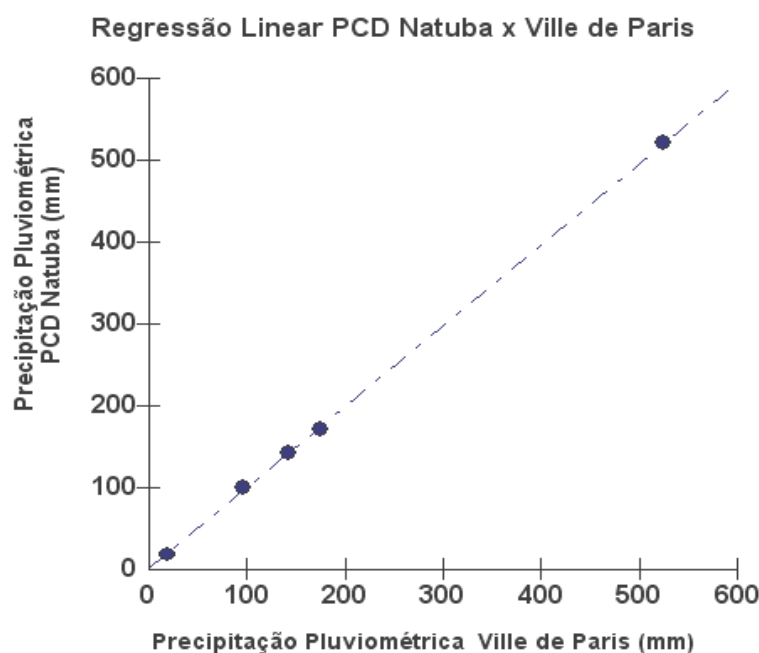


Figura 52 Teste de regressão entre os postos de coleta de dados pluviométricos conhecidos para as microbacias do Alto Natuba entre os meses de junho a outubro de 2010.

Ao considerarmos a escala acumulativa da precipitação pluviométrica da PCD Natuba para as microbacias de interesse, foi possível observar os grandes eventos intensos de chuva que geraram as principais respostas hidráulicas para as microbacias experimentais. Eventos de significante intensidade foram observados nos dias: 27/06/10 às 23:20 (3,50 mm), 08/07/10 às 20:00 (3 mm), 11/07/10 às 00:20 (2,75 mm), 13/07/10 às 08:30 (4,5 mm), 17/07/10 às 05:10 (2,25 mm), 09/08/10 às 15:10 (2,5 mm), 19/08/10 às 11:30 (2,5 mm) e 14/09/10 às 08:00 (4,75 mm), valores estes aferidos em frequência de 10 minutos (Figura 52).

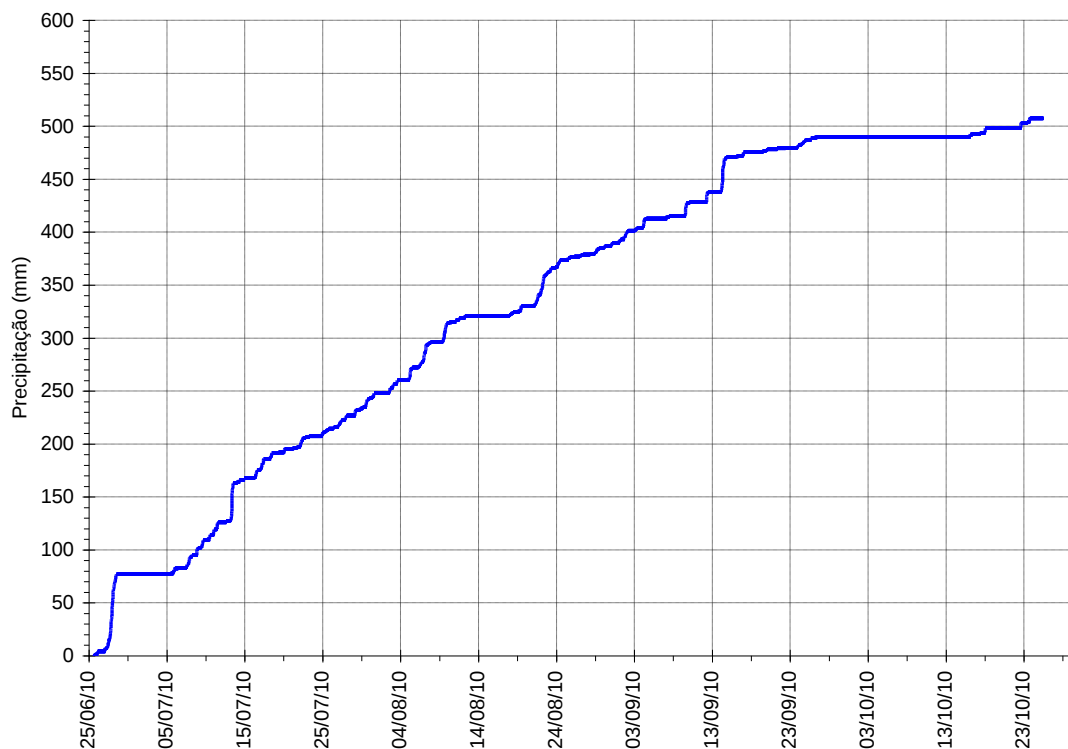


Figura 53 Série de precipitação pluviométrica acumulativa entre os meses de junho a outubro de 2010 registradas pela PCD Natuba de 10 em 10 minutos.

Considerando a falta de dados de chuva para os meses não relacionados, caracterizou-se então o ano de 2010 como um ano com falha de série pluviométrica, e assim através das séries dos postos vizinho obteve-se os valores médios esperados para complemento da série da PCD Natuba, utilizando-se para isso o método das regressões lineares ponderadas.

Os postos utilizados para complementação dos dados foram postos vizinhos administrados pelo LAMEPE (Laboratório de Meteorologia de Pernambuco), e são eles: PCD Vitória, PCD Pombos, Engenho Serra Grande, Engenho Pitu e Engenho Pirapama.

A PCD Vitória foi constituída da série histórica mensal de janeiro de 1999 a novembro de 2010. A média anual histórica desta PCD foi de 1000,3 mm, desta, 26,7% está concentrada no mês de junho, 12,1% no mês de julho e 11,9% no mês de agosto (Figuras 54, 55).

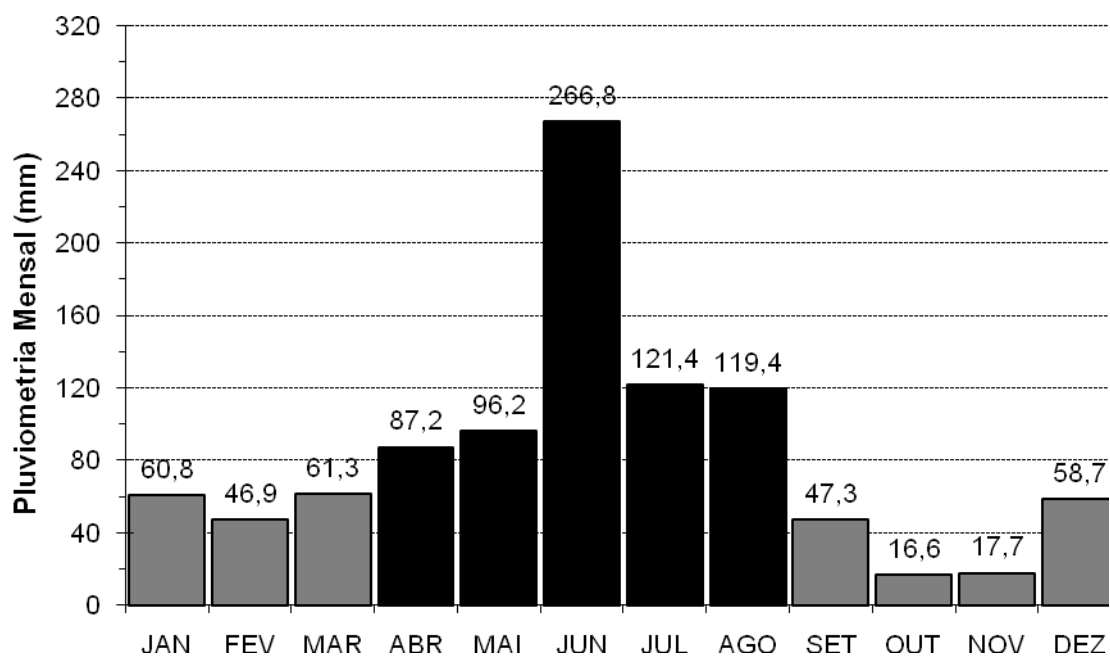


Figura 54 Precipitação pluviométrica média mensal da PCD Vitória compreendida dos anos de 1999 a 2010. As barras pretas representam o período chuvoso e as cinzas o período de recessão.

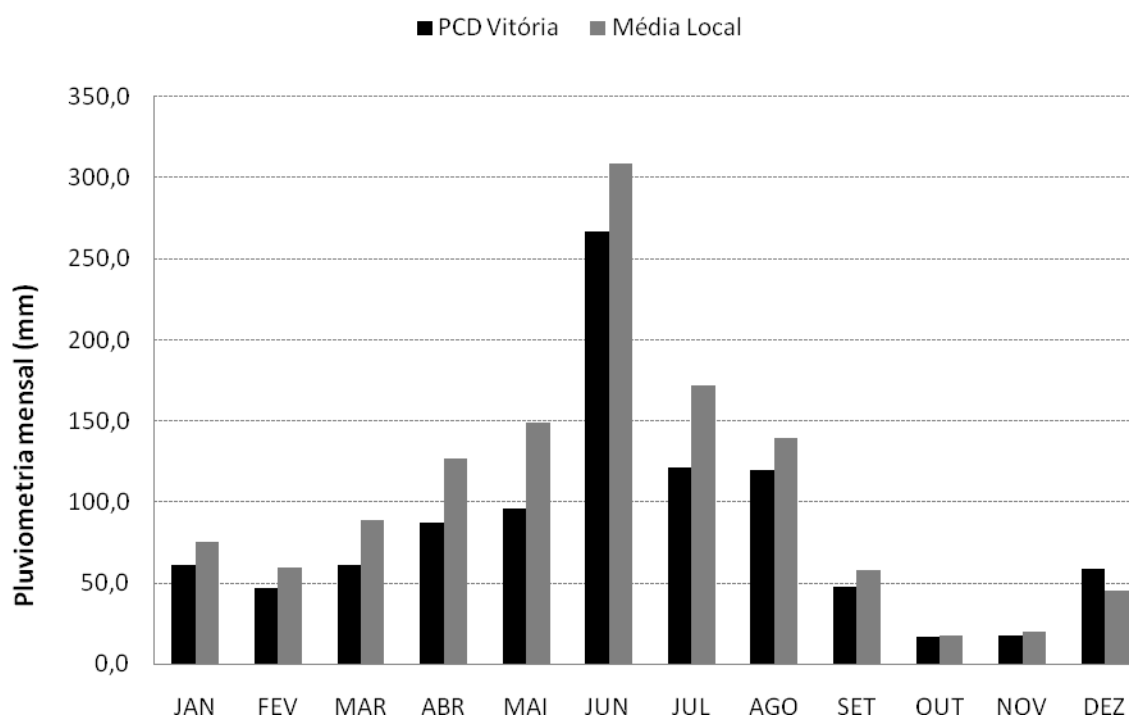


Figura 55 Série de precipitação pluviométrica histórica mensal da PCD Vitória compreendida dos anos de 1999 a 2010, comparada com a média local.

A PCD Pombos foi constituída da série histórica mensal de janeiro de 1990 a novembro de 2010. A média anual histórica desta PCD foi de 652,3 mm, desta, 22,2% esta concentrada no mês de junho, 14,9% no mês de julho e 13,2% no mês de maio (Figuras 56, 57).

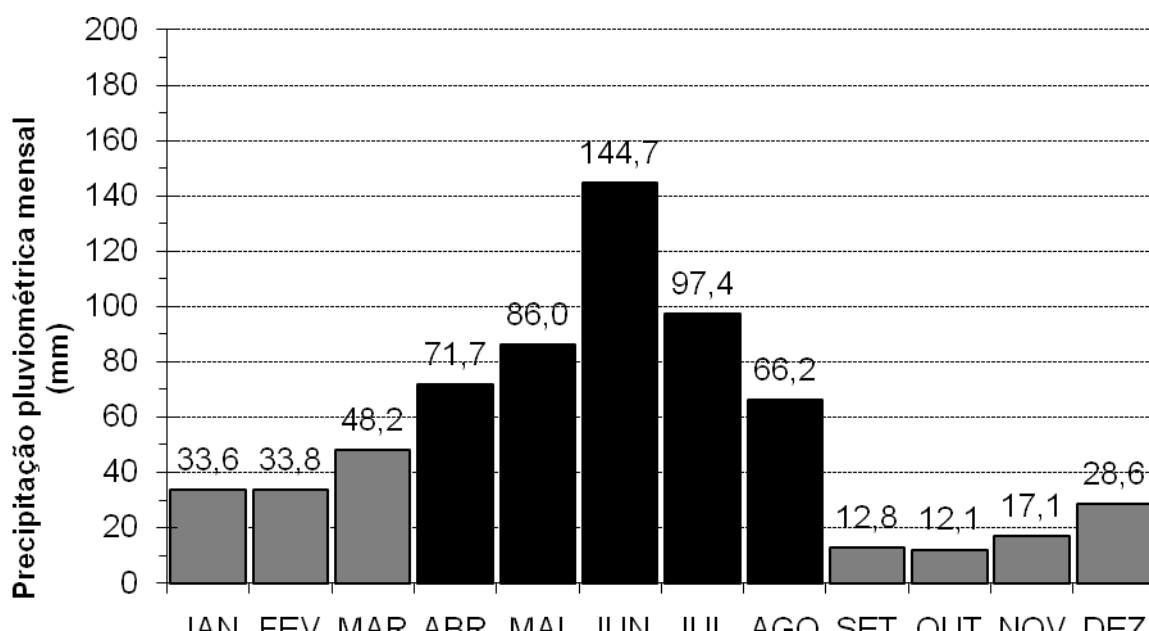


Figura 56 Precipitação pluviométrica média mensal da PCD Pombos compreendida dos anos de 1990 a 2010. As barras pretas representam o período chuvoso e as cinzas o período de recessão.

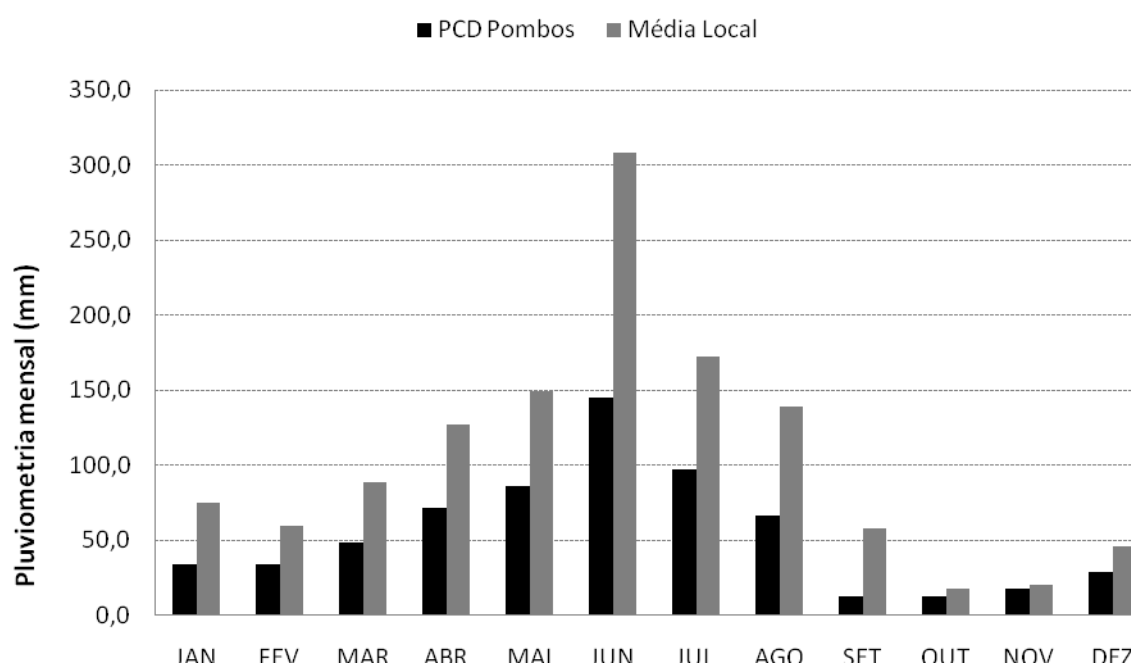


Figura 57 Série de precipitação pluviométrica histórica mensal da PCD Pombos compreendida dos anos de 1990 a 2010, comparada com a média local.

A estação de coleta de dados Engenho Pitú foi constituída da série histórica mensal de janeiro de 2006 a novembro de 2010. A média anual histórica deste ponto foi de 1556 mm, desta, 19,5% esta concentrada no mês de junho, 14,8% no mês de julho e 13,2% no mês de maio (Figuras 58, 59).

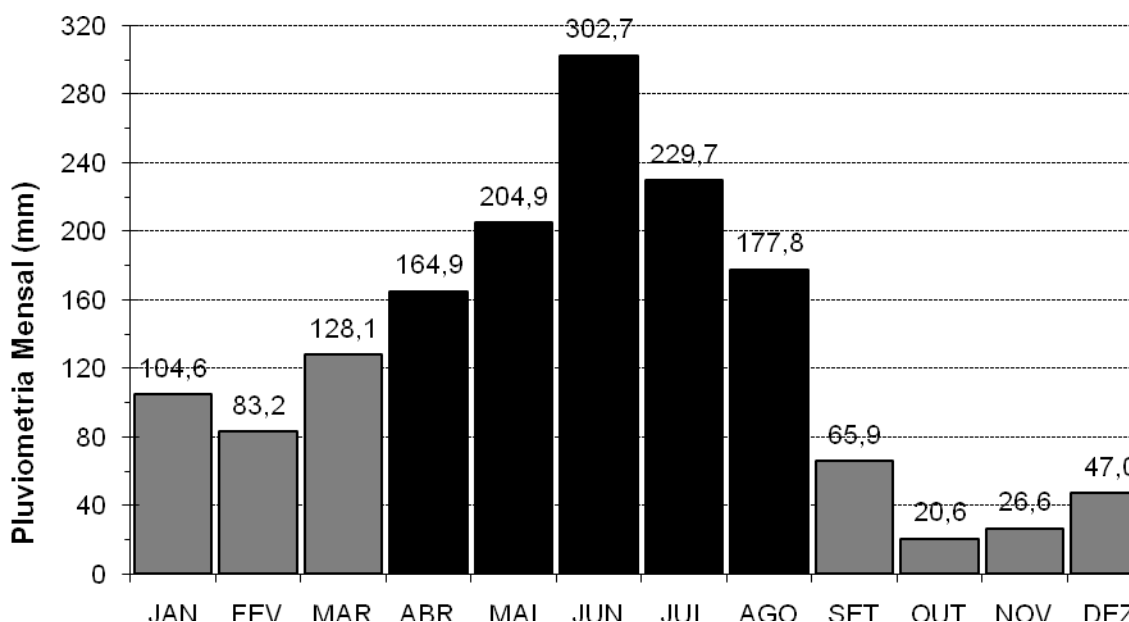


Figura 58 Precipitação pluviométrica média mensal do Engenho Pitú compreendida dos anos de 2006 a 2010. As barras pretas representam o período chuvoso e as cinzas o período de recessão intermitente.

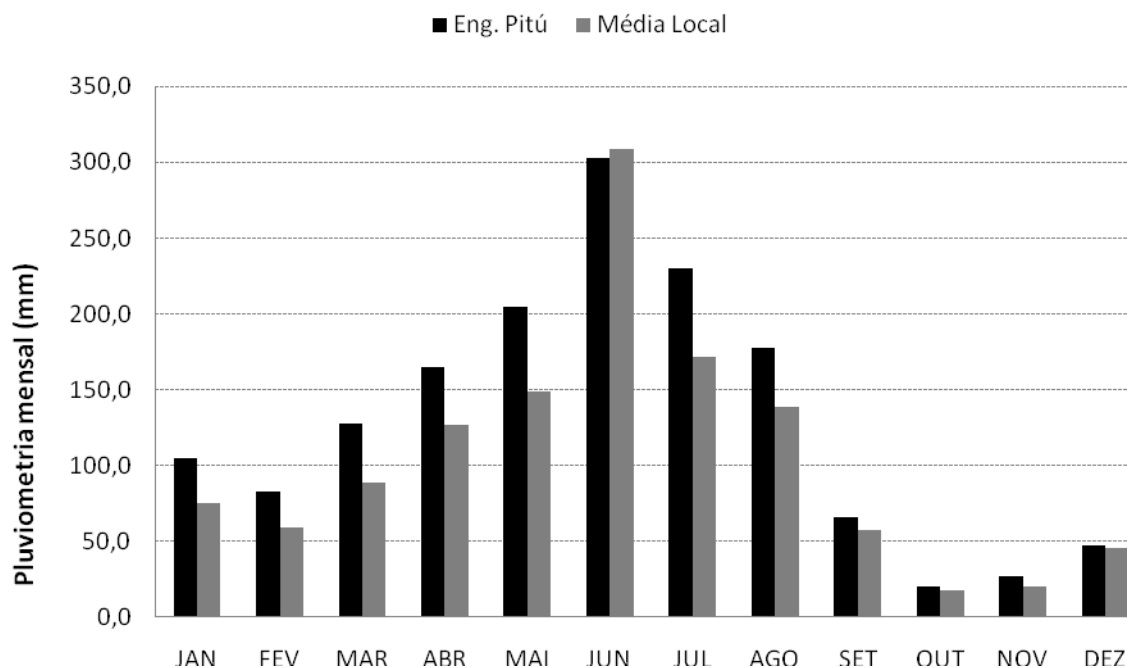


Figura 59 Série de precipitação pluviométrica histórica mensal do Engenho Pitú compreendida dos anos de 2006 a 2010, comparada com a média local.

A estação de coleta de dados Engenho Pirapama foi constituída da série histórica mensal de janeiro de 2006 a novembro de 2010. A média anual histórica deste ponto foi de 1578,1 mm, desta, 19,6% esta concentrada no mês de junho, 15,3% no mês de julho e 13,4% no mês de maio (Figuras 60, 61).

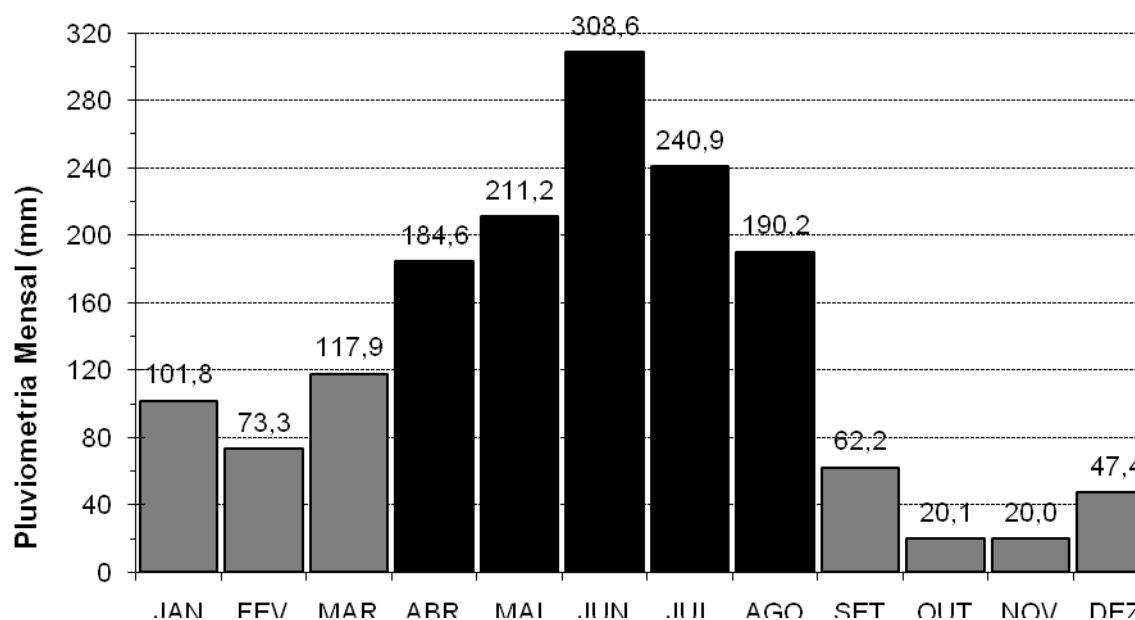


Figura 60 Precipitação pluviométrica mensal do Engenho Pirapama compreendida dos anos de 2006 a 2010. As barras pretas representam o período chuvoso e as cinzas o período de recessão intermitente.

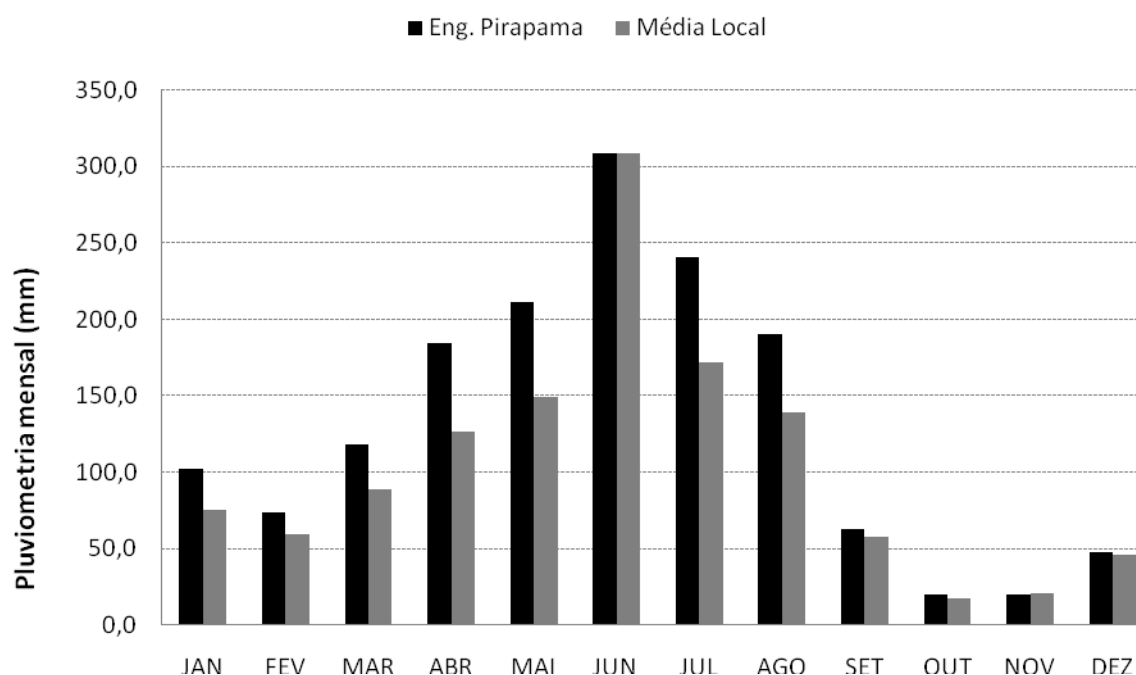


Figura 61 Série de precipitação pluviométrica histórica mensal do Engenho Pirapama compreendida dos anos de 2006 a 2010, comparada com a média local.

A estação de coleta de dados Engenho Serra Grande foi constituída da série histórica mensal de janeiro de 1967 a dezembro de 1988. A média anual histórica deste ponto foi de 1400,3 mm, desta, 18,2% esta concentrada no mês de julho, 15,3% no mês de junho e 13,3% no mês de maio (Figuras 62, 63).

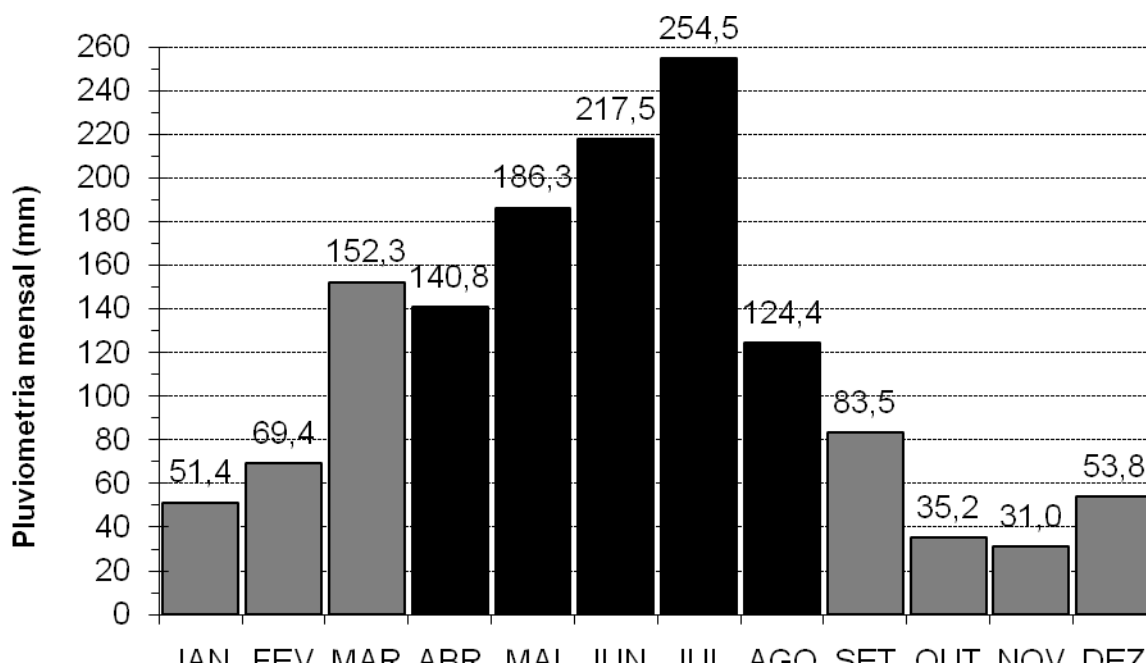


Figura 62 Precipitação pluviométrica mensal do Engenho Serra Grande compreendida dos anos de 1967 a 1988. As barras pretas representam o período chuvoso e as cinzas o período de recessão.

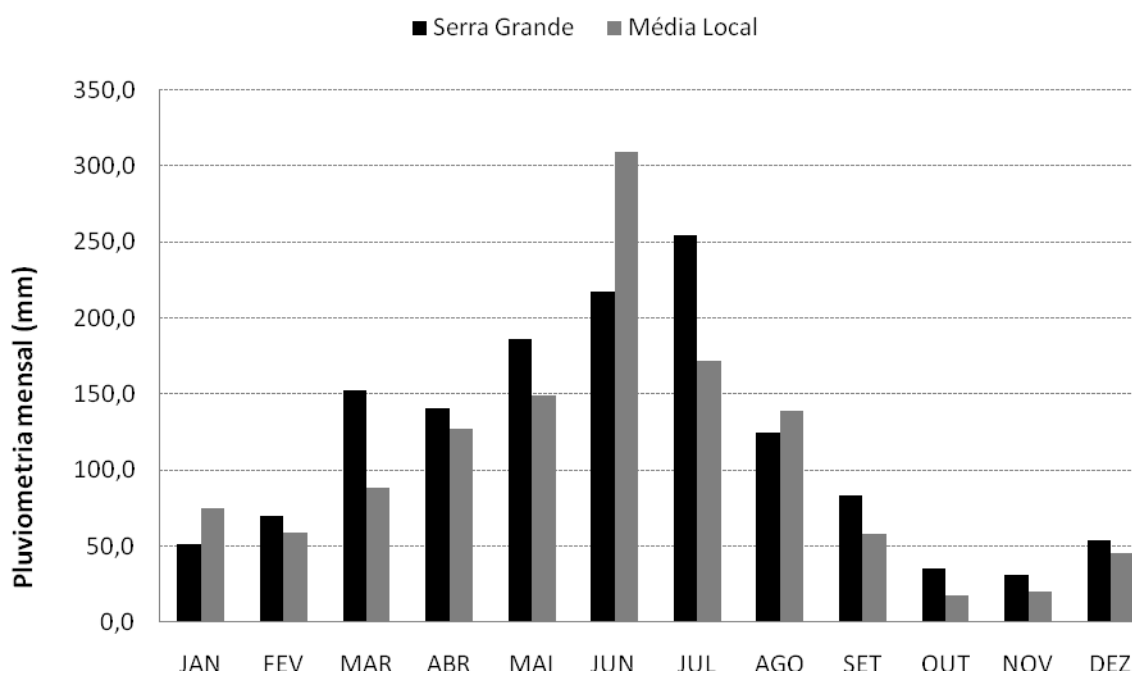


Figura 63 Série de precipitação pluviométrica histórica mensal do Engenho Serra Grande compreendida dos anos de 1967 a 1988, comparada com a média local.

A Partir do levantamento dos valores disponíveis para as séries pluviométricas vizinhas foi possível estimar os meses sem monitoramento da PCD Natuba, e assim, poder estabelecer de forma aproximada a precipitação pluviométrica para as microbacias experimentais no ano de 2010.

O valor acumulado previsto para o ano de 2010 foi de 1509,8 mm, sendo deste valor: 74,2 mm ou 4,9% correspondentes a contribuição de janeiro, 58,6 mm ou 3,87% para fevereiro, 87,4 mm ou 5,77% para março, 125 mm ou 8,25% para abril, 147 mm ou 9,7% para maio, 520,92 mm ou 34,67% para junho, 171 mm ou 11,51% para julho, 141 mm ou 9,38% para agosto, 100 mm ou 6,37% para setembro, 18 mm ou 1,23% para outubro, 20,2 mm ou 1,34% para novembro e 45,7 mm ou 3% para o mês de dezembro (Figuras 63, 64, 65).

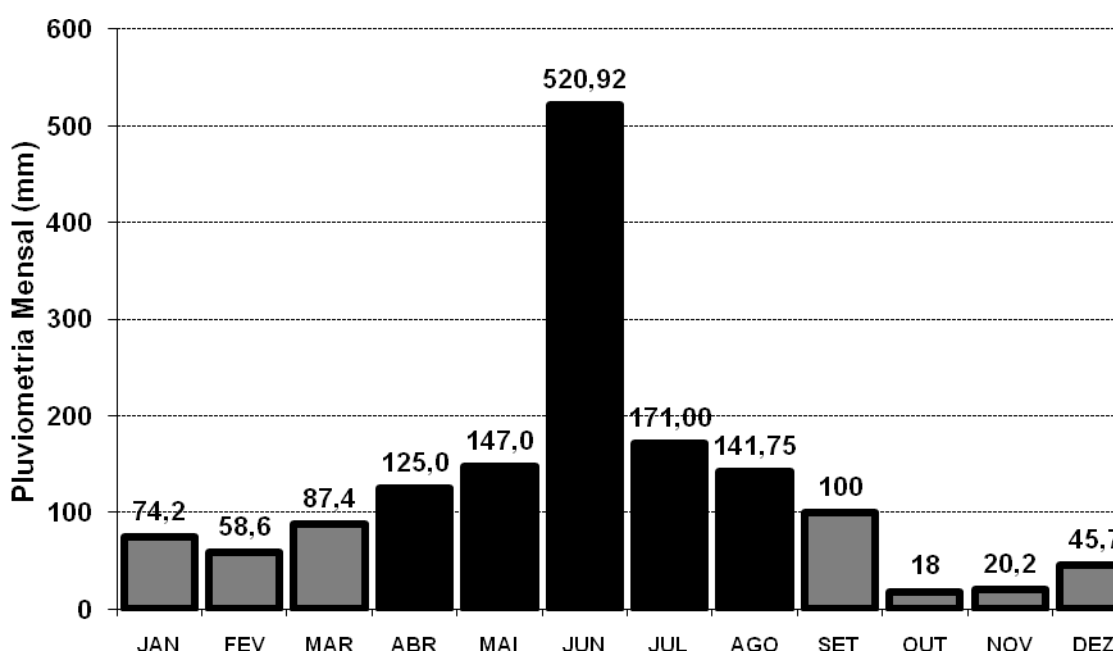


Figura 64 Precipitação pluviométrica mensal da PCD Natuba no ano de 2010. As barras pretas representam o período chuvoso e as cinzas o período de recessão.

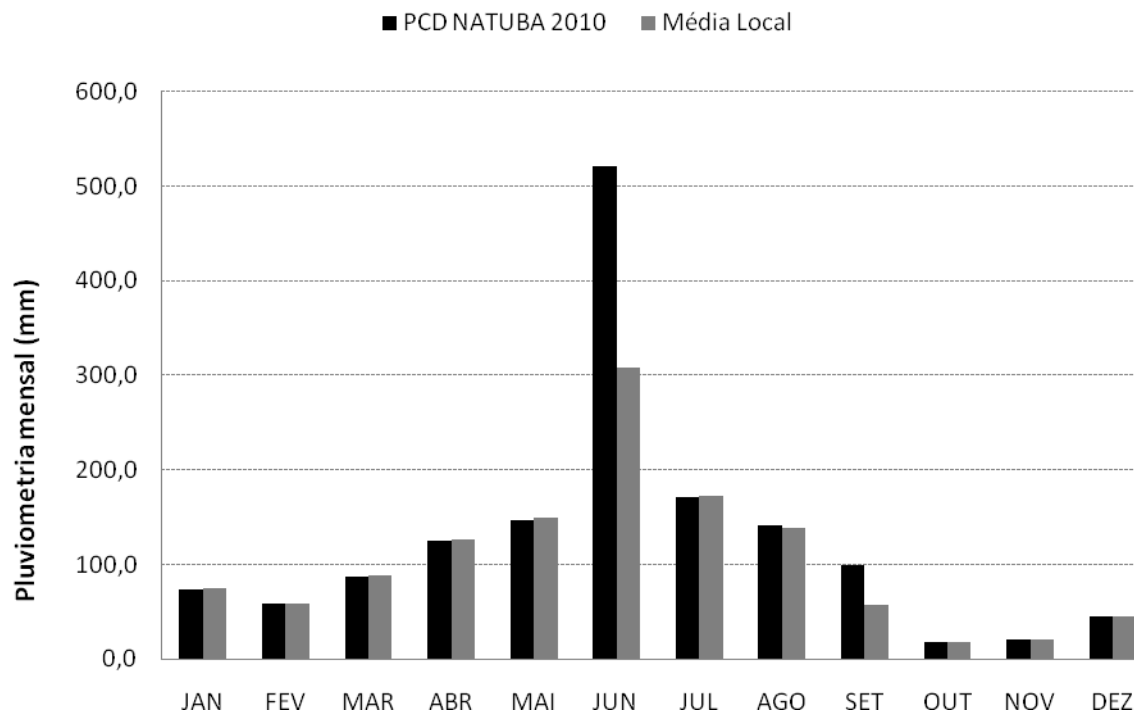


Figura 65 Série de precipitação pluviométrica histórica mensal da PCD Natuba do ano de 2010, comparada com a média local histórica.

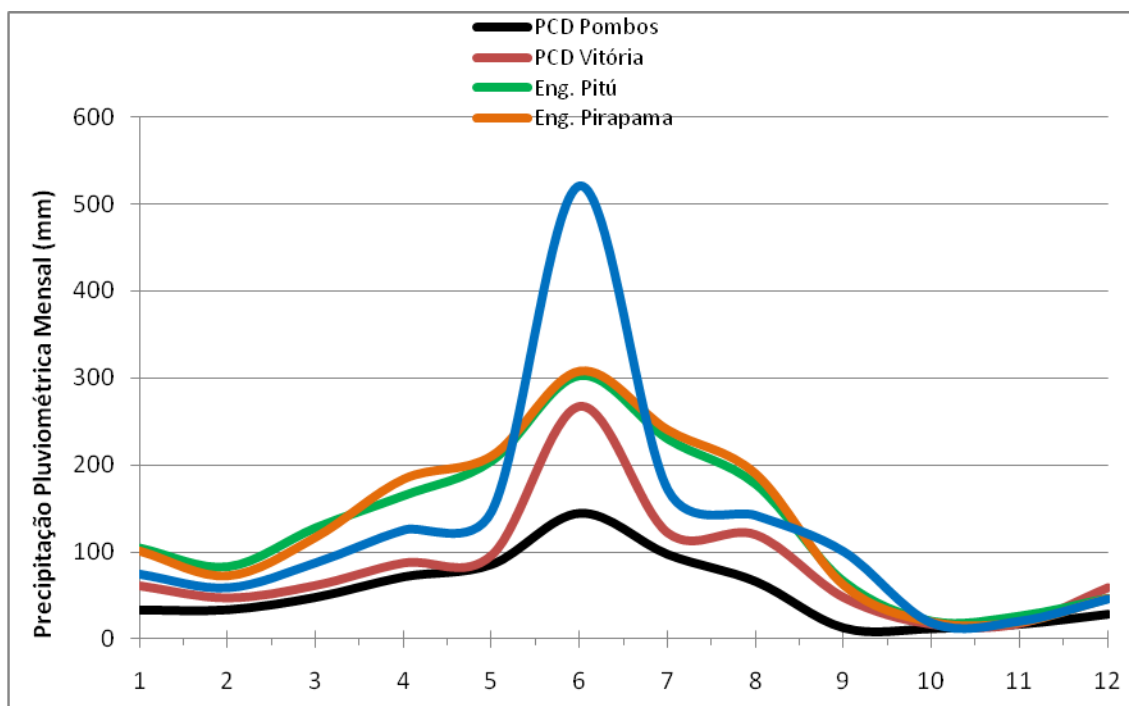


Figura 66 Variação na trajetória da distribuição da precipitação pluviométrica histórica mensal entre todos os postos utilizados para correção das falhas em relação à PCD Natuba.

5.2 – Vazão

Conforme esclarecido no item 3.6, os equipamentos automáticos foram instalados a partir de julho de 2010. Para o presente trabalho só foi considerado os dados aferidos até outubro de 2010. Neste Período observaram-se alguns eventos chuvosos que provocaram elevação significativa da vazão inicial em relação à vazão de pico.

5.2.1 – Microbacia Natuba 1

O dispositivo de controle de vazão (vertedor) teve a instalação concluída em 21/05/10, sendo que a régua limnimétrica foi instalada nesta mesma data e o equipamento automático em 28/05/10. O medidor automático veio a apresentar problemas de funcionamento a partir de agosto de 2010 e foi necessário retirá-lo para realização de manutenção. Com isso, a microbacia Natuba 1 só apresenta dados de vazão para os meses de junho e julho de 2010.

Analisando o mês de junho/2010, onde a precipitação pluviométrica foi de 525 mm, verificou-se uma vazão média de 48,2 l/s, que corresponde à vazão específica de 45,5 l/s / km². A vazão mínima foi de 0,01 l/s ou 0,01 l/s / km², tal valor pode ter sido decorrente do comportamento natural da microbacia, como, acúmulo de matéria orgânica na calha do riacho impedindo o escoamento ou eventos decorrentes da intervenção, como, o tempo necessário para preenchimento do reservatório a montante do vertedor no período que foi construído. A vazão máxima foi observada no dia 17/06/2010 às 23h20min. O valor exato da vazão máxima não pôde ser aferido devido o nível do riacho ter ultrapassado a lâmina máxima de registro do vertedor, que é de 85 cm. Dessa forma, a água verteu sobre a barragem e a largura do riacho passou de 1,70, para aproximadamente, 15 metros. Pode-se afirmar que a vazão máxima alcançou valores que ultrapassaram 1335 l/s, que é a vazão limite do vertedor, sem que ele trabalhe sob pressão. Na Figura 67 se pode observar o comportamento da vazão no mês de junho de 2010.

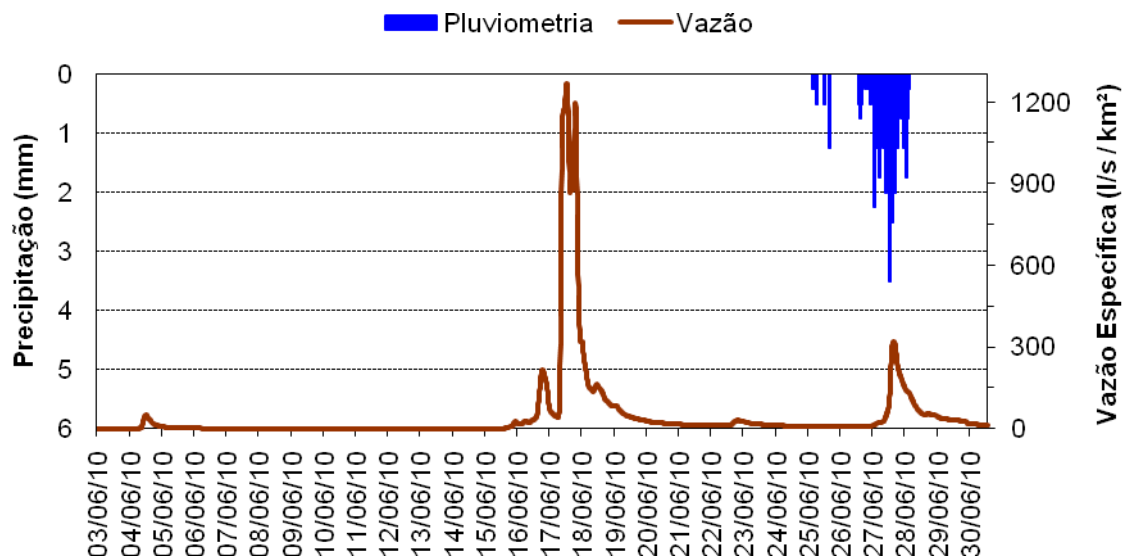


Figura 67 Comportamento da vazão em função da precipitação pluviométrica ao longo do mês de junho de 2010 na microbacia Natuba 1. Os dados de chuva começaram a ser coletados a partir do dia 25/06/10, justificando dessa forma a ausência da pluviosidade para o período total.

O mês de julho de 2010 a microbacia Natuba 1 apresentou uma precipitação pluviométrica acumulada de 174 mm, uma vazão média associada de 12,6 l/s e uma vazão específica média de 12,6 l/s / Km². A vazão mínima observada foi de 5,7 l/s ou 5,3 l/s / Km² e a máxima de 108 l/s ou 102 l/s / Km² em 13/06/2010 as 12h:10min. A Figura 68 mostra o comportamento da vazão no mês de julho de 2010 para a microbacia Natuba 1.

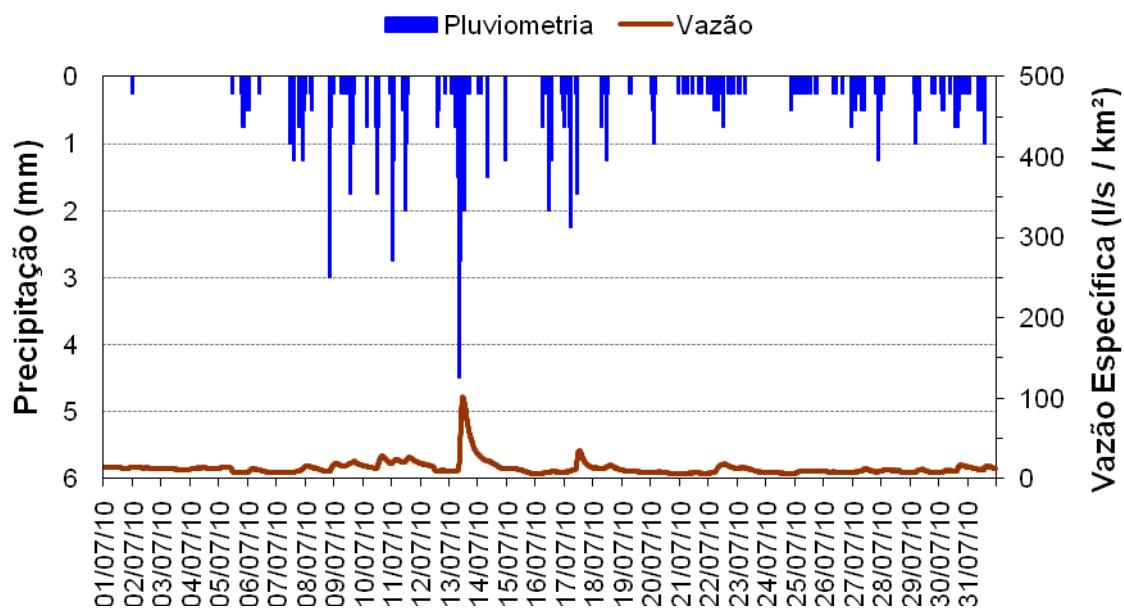


Figura 68 Comportamento da vazão em função da precipitação pluviométrica para o mês de julho de 2010 na microbacia Natuba 1.

5.2.2 – Microbacia Natuba 2

A precipitação medida pelo *Ville de Paris* foi de 525 mm para o mês de junho. Na região aonde esta localizada esta microbacia, pôde-se observar, para o período de 25/06/10 a 30/06/10, uma vazão média de 9,7 l/s e uma vazão específica média de 53,8 l/s / Km². Para esse mesmo período a vazão mínima foi de 1,2 l/s ou 6,9 l/s / Km² e a vazão máxima foi de 60 l/s ou 335 l/s / Km², registrada no dia 27/06/2010 as 23h20min. Nesta microbacia o vertedor foi concluído em 17/05/2010, mas o equipamento apresentou falhas de registro durante os testes e foi enviado para manutenção. Considerando também, que a parede esquerda da barragem foi derrubada pelo evento chuvoso do dia 18/06/2010, só foi possível iniciar a atividade da PCD em 25/06/2010, após se refazer a estrutura da barragem e consertar o equipamento. Portanto não foi possível registrar o maior pico de vazão deste mês. Provavelmente na data 18/06/10, o pico de vazão ultrapassou o limite do vertedor, devido ao evento de chuva intensa. Admitiu-se que a vazão chegou pelo menos a ultrapassar a vazão máxima suportada pelo vertedor, que é de 860 l/s. Na Figura 69 se pode observar o comportamento da vazão para o mês de junho de 2010.

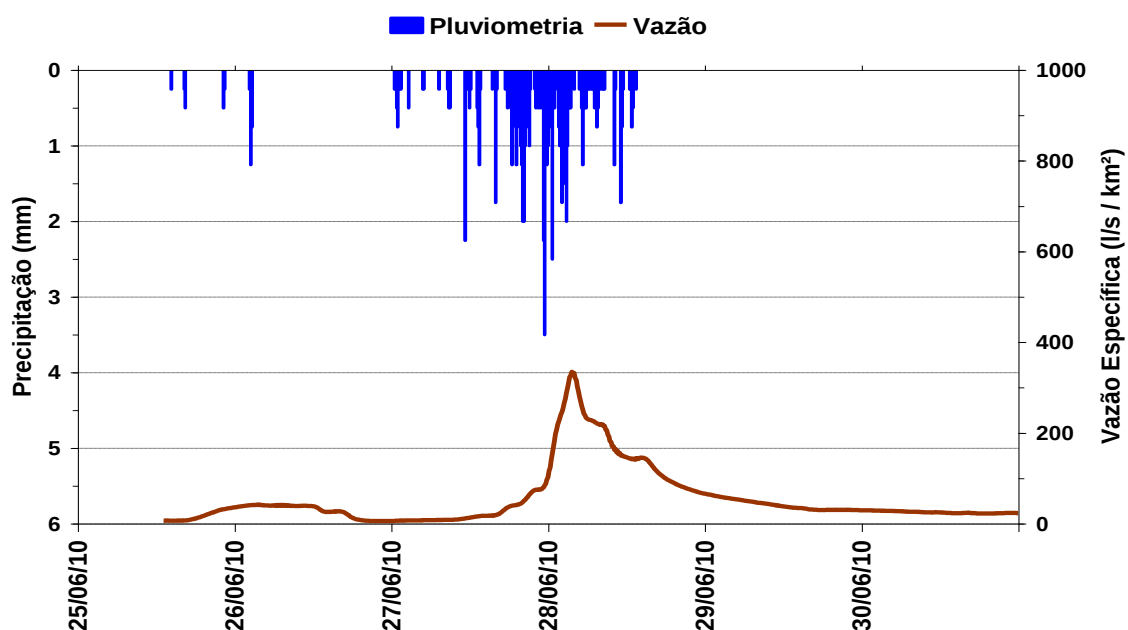


Figura 69 Comportamento da vazão em função da precipitação pluviométrica para o mês de junho de 2010 na microbacia Natuba 2. Os dados começaram a ser coletados a partir do dia 25/06/10, justificando dessa forma a ausência para o período total.

No mês de julho de 2010 a microbacia Natuba 2 apresentou uma precipitação pluviométrica acumulada de 174 mm, uma vazão média associada de 6,6 l/s e uma vazão específica média de 36,73 l/s / Km². A vazão mínima registrada foi de 4,1 l/s ou 22,7 l/s / Km² e a máxima de 43 l/s ou 238 l/s / Km² em 13/06/2010 as 11h:40min. A Figura 70 mostra o comportamento da vazão no mês de julho de 2010 para a microbacia Natuba 2.

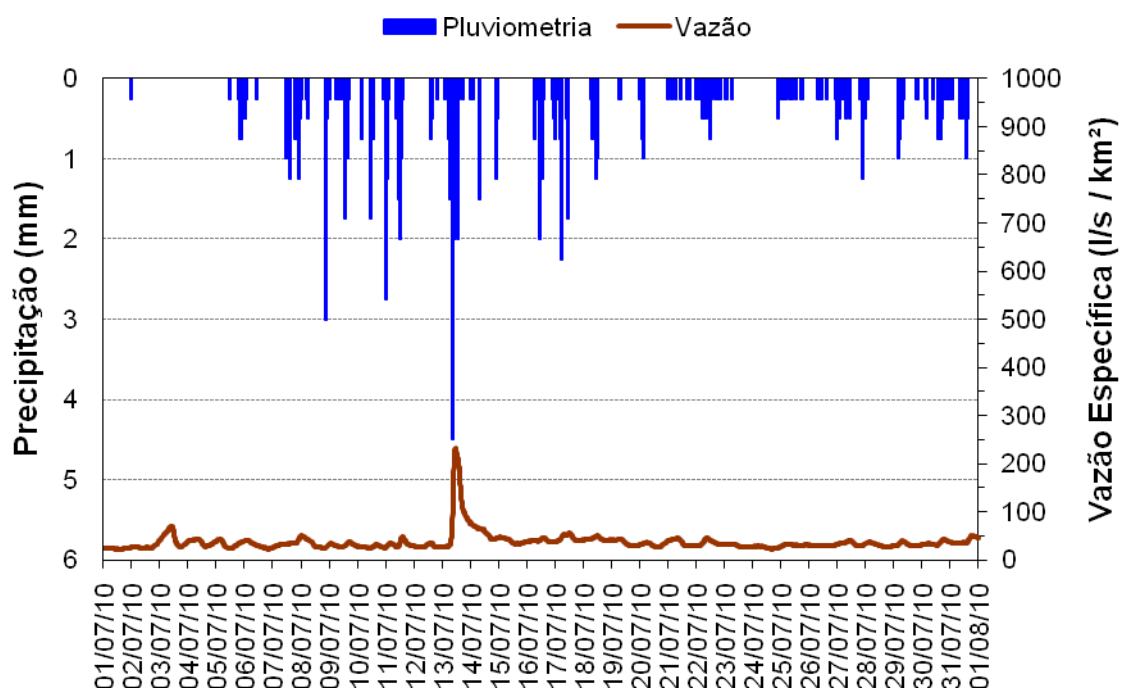


Figura 70 Comportamento da vazão em função da precipitação pluviométrica para o mês de julho de 2010 na microbacia Natuba 2.

No mês de agosto de 2010, a microbacia Natuba 2 apresentou uma precipitação pluviométrica acumulada de 142 mm, uma vazão média associada de 9,7 l/s e uma vazão específica média de 50,4 l/s / Km². A vazão mínima registrada foi de 6,2 l/s ou 34,5 l/s / Km² e a máxima de 16,0 l/s ou 89 l/s / Km² em 07/06/2010 as 08h:00min. A Figura 71 mostra o comportamento da vazão no mês de agosto de 2010 para a microbacia Natuba 2.

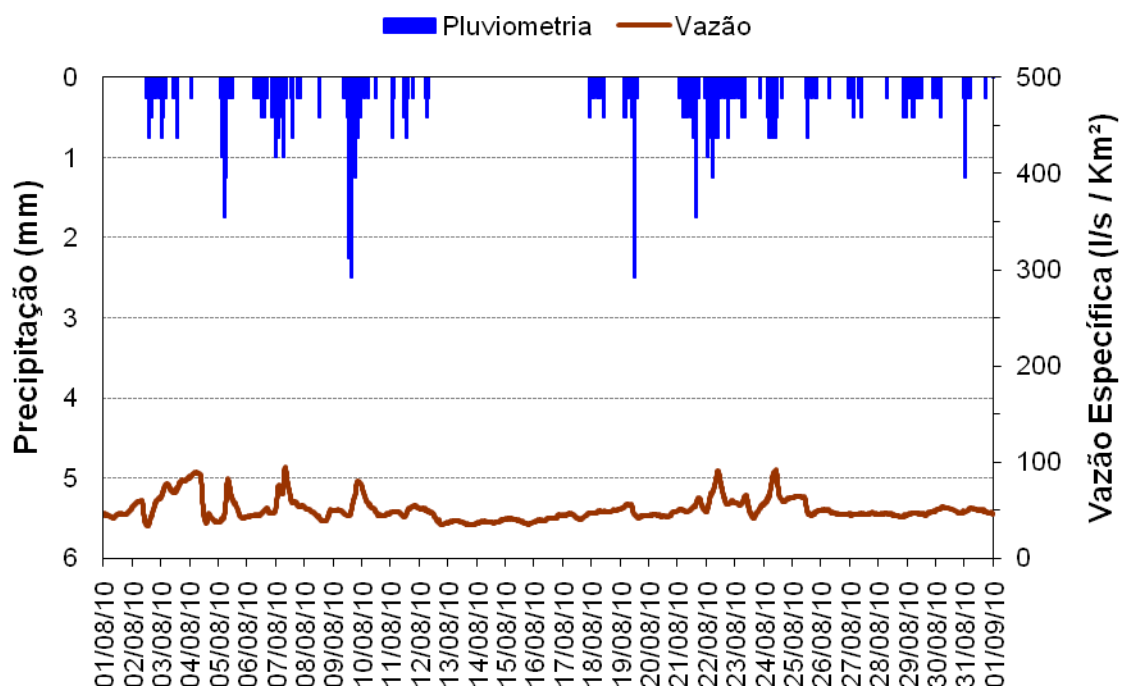


Figura 71 Comportamento da vazão em função da precipitação pluviométrica para o mês de agosto de 2010 na microbacia Natuba 2.

Para o mês de setembro de 2010 a microbacia Natuba 2 apresentou uma precipitação pluviométrica acumulada de 96,5 mm, uma vazão média associada de 7,15 l/s e uma vazão específica média de 38,7 l/s / Km². A vazão mínima observada foi de 5,1 l/s ou 28,2 l/s / Km² e a máxima de 31,7 l/s ou 176 l/s / Km² em 14/06/2010 às 09h:40min. A Figura 72 mostra o comportamento da vazão no mês de setembro de 2010 para a microbacia Natuba 2.

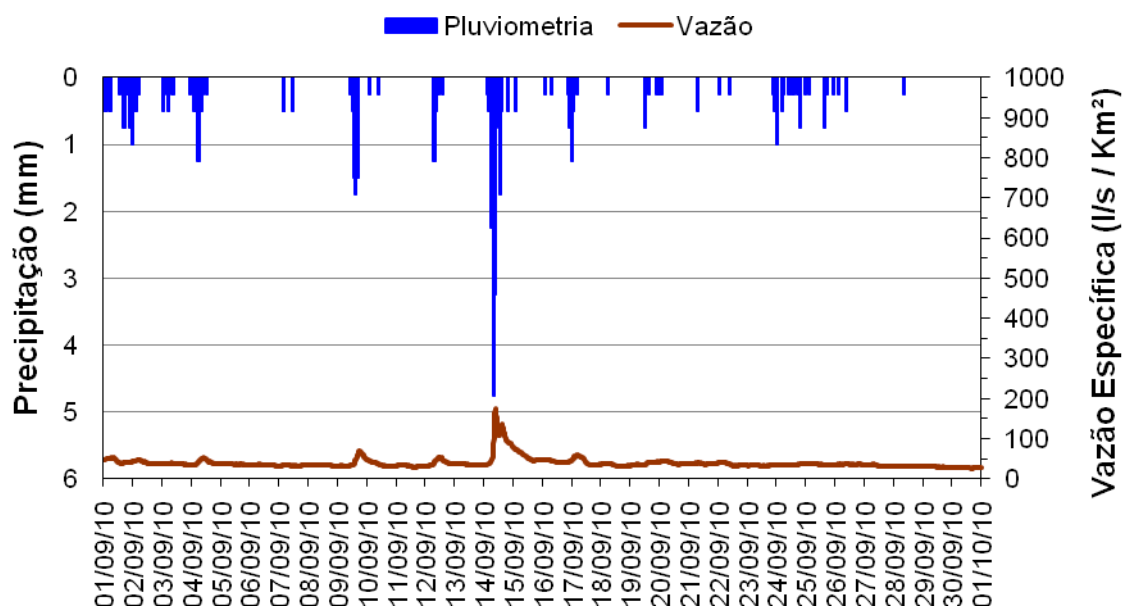


Figura 72 Comportamento da vazão em função da precipitação pluviométrica para o mês de setembro de 2010 na microbacia Natuba 2.

Para o mês de outubro de 2010 a microbacia Natuba 2 apresentou uma precipitação pluviométrica acumulada de 18,7 mm, uma vazão média associada de 4,5 l/s e uma vazão específica média de 25 l/s / Km². A vazão mínima observada foi de 3,2 l/s ou 18 l/s / Km² e a máxima de 6,1 l/s ou 34,1 l/s / Km². Neste mês a precipitação não proporcionou nenhuma elevação significativa da vazão. A Figura 73 mostra o comportamento da vazão no mês de outubro de 2010 para a microbacia Natuba 2.

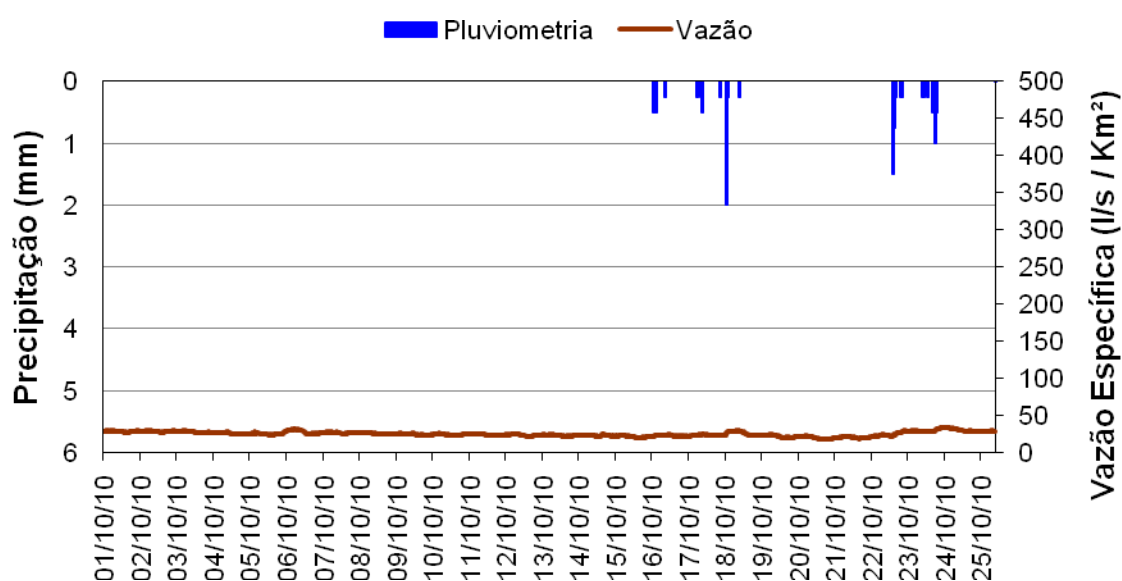


Figura 73 Comportamento da vazão em função da precipitação pluviométrica para o mês de setembro de 2010 na microbacia Natuba 2.

5.2.3 – Microbacia Natuba 3

A seção medição já estava instalada devido ser um bueiro de uma das estradas principais do assentamento. A régua limnimétrica foi instalada dia 17/05/2010 e o medidor automático no dia 26/05/2010.

Através dos dados obtidos do Ville de Paris, no mês de junho de 2010 a microbacia Natuba 3 teve uma precipitação pluviométrica de 525,2 mm, uma vazão média associada de 25,8 l/s e uma vazão específica média de 177 l/s / Km². A vazão mínima registrada foi de 1,5 l/s ou 9,5 l/s / Km² e a máxima de 551 l/s ou 3443,75 l/s / Km², esta, correspondente a vazão máxima suportada pelo vertedor. Sabendo que o nível máximo capaz de gerar dado válido de vazão na obra hidráulica é de 0,39 metros para o conjunto de células do bueiro, valor este, associado ao funcionamento como conduto livre, e o sensor registrou marcas maiores de cota, admiti-se que a vazão máxima foi consideravelmente superior à capacidade máxima suportada pelas células, na função de conduto livre. A Figura 74 mostra o comportamento da vazão no mês de junho de 2010 para a microbacia Natuba 3.

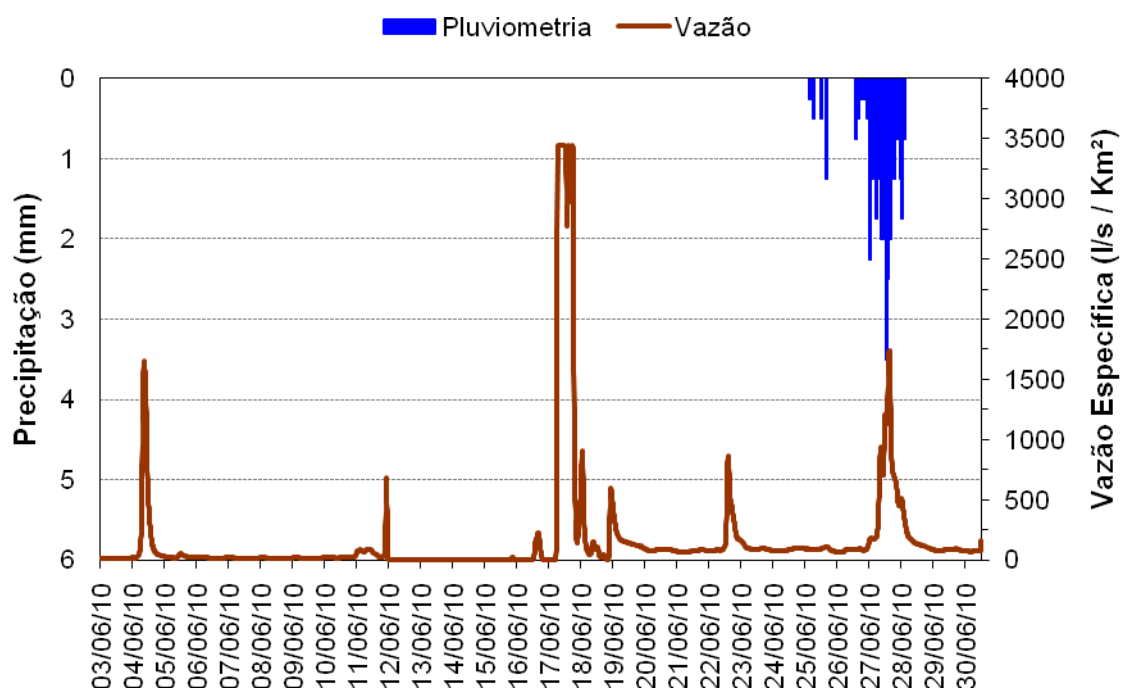


Figura 74 Comportamento da vazão em função da precipitação pluviométrica para o mês de junho de 2010 na microbacia Natuba 3. Os dados de chuva começaram a ser coletados a partir do dia 25/06/10, justificando dessa forma a ausência da pluviosidade para o período total.

No mês de julho de 2010 a microbacia Natuba 3 apresentou uma precipitação pluviométrica acumulada de 174 mm, uma vazão média associada de 25,8 l/s e uma vazão específica média de 108 l/s / Km². A vazão mínima registrada foi de 6,2 l/s ou 39 l/s / Km² e a máxima de 260,3 l/s ou 1630 l/s / Km². A Figura 75 mostra o comportamento da vazão no mês de julho de 2010 para a microbacia Natuba 3.

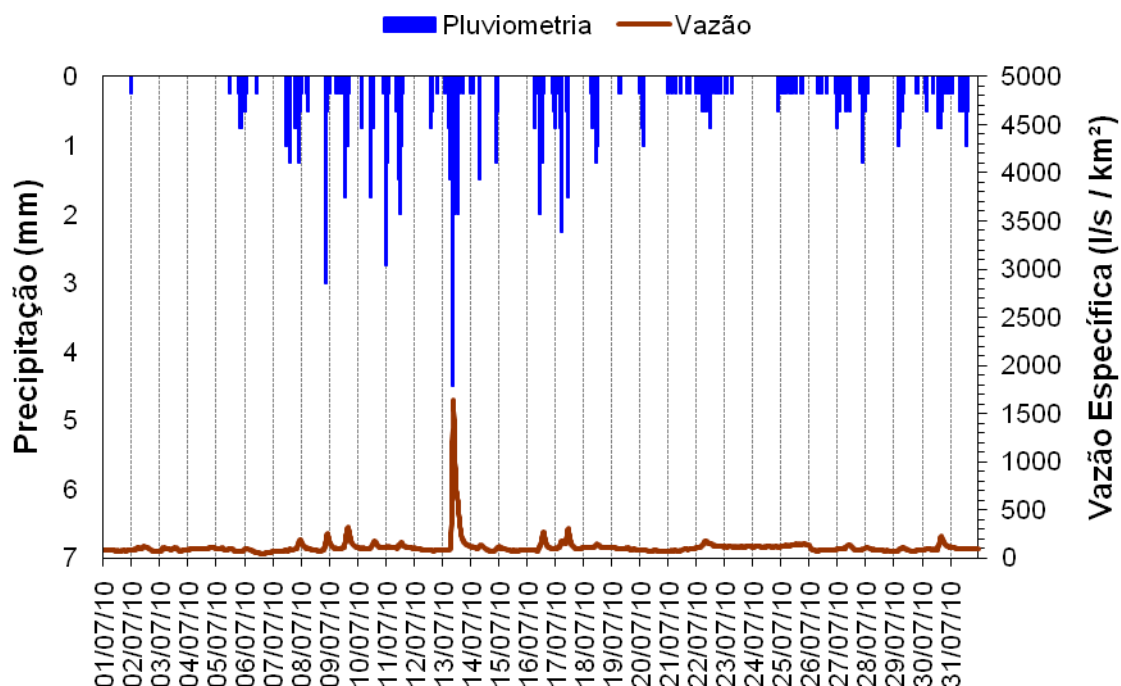


Figura 75 Comportamento da vazão em função da precipitação pluviométrica para o mês de julho de 2010 na microbacia Natuba 3.

Para o mês de agosto de 2010 a microbacia Natuba 3 apresentou uma precipitação pluviométrica acumulada de 142 mm, uma vazão média associada de 9,4 l/s e uma vazão específica média de 58,3 l/s / Km². A vazão mínima registrada foi de 4,0 l/s ou 25,2 l/s / Km² e a máxima de 59,0 l/s ou 368 l/s / Km². A Figura 76 mostra o comportamento da vazão no mês de agosto de 2010 para a microbacia Natuba 3.

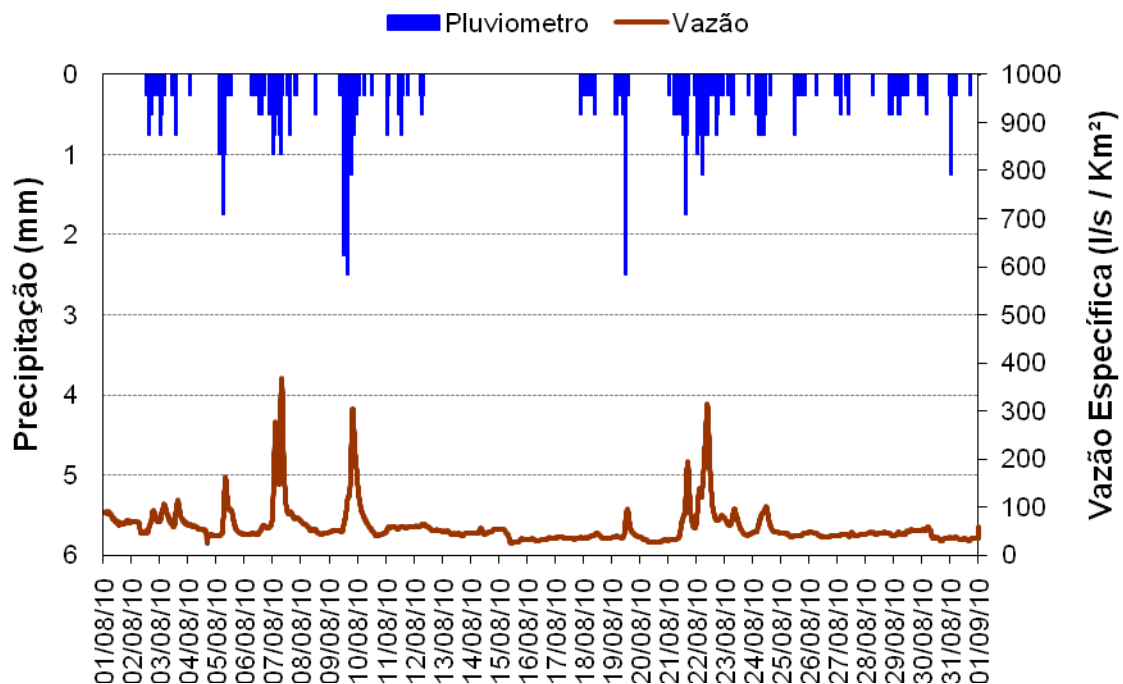


Figura 76 Comportamento da vazão em função da precipitação pluviométrica para o mês de agosto de 2010 na microbacia Natuba 3.

Para o mês de setembro de 2010 a microbacia Natuba 2 apresentou uma pluviosidade de 96,5 mm, uma vazão média associada de 7,15 l/s e uma vazão específica média de 38,75 l/s / Km². A vazão mínima observada foi de 5,1 l/s ou 28,2 l/s / Km² e a máxima de 31,7 l/s ou 176 l/s / Km². A Figura 77 mostra o comportamento da vazão no mês de setembro de 2010 para a microbacia Natuba 2.

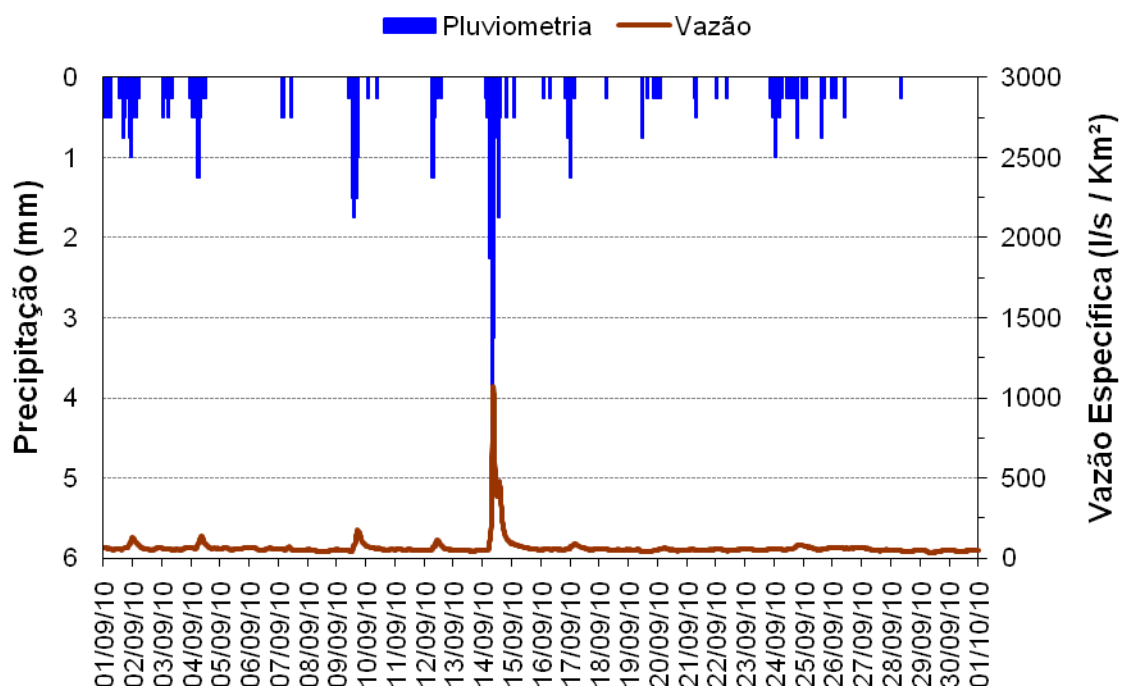


Figura 77 Distribuição da vazão em função da precipitação pluviométrica para o mês de setembro de 2010 na microbacia Natuba 3.

Para o mês de outubro de 2010 a microbacia Natuba 3 apresentou uma pluviosidade de 18,7 mm, uma vazão média associada de 6,9 l/s e uma vazão específica média de 43,3 l/s / Km². A vazão mínima observada foi de 4,6 l/s ou 28,9 l/s / Km² e a máxima de 12 l/s ou 75 l/s / Km². A Figura 77 mostra o comportamento da vazão no mês de outubro de 2010 para a microbacia Natuba 3.

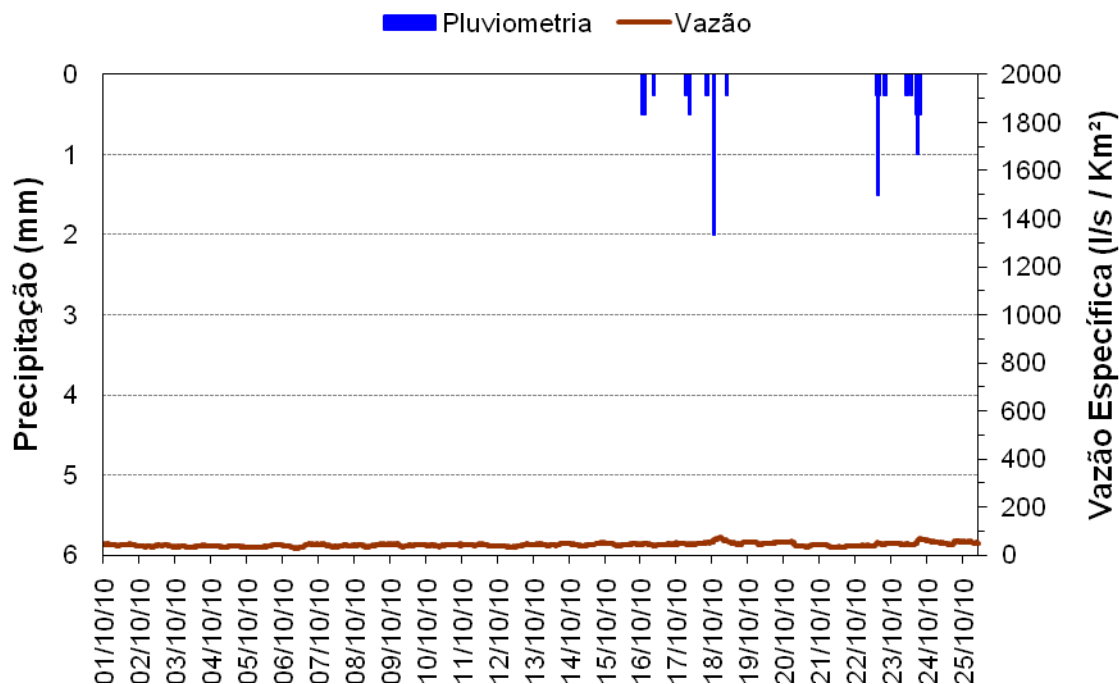


Figura 78. Distribuição da vazão em função da precipitação pluviométrica para o mês de outubro de 2010 na microbacia Natuba 3.

5.3 – Estudo comparativo do comportamento da vazão decorrente dos eventos chuvosos sobre as microbacias experimentais

Para o estudo comparativo do efeito do uso do solo sobre o comportamento hidrológico das microbacias foram selecionados alguns eventos chaves do período de coleta de dados hidrológicos. Foi possível observar diferentes eventos de precipitação pluviométrica que provocam variações no comportamento do hidrograma nas microbacias, como, em: 27/06/10 à 30/06/10, 12 à 14/07/10, 06 à 10/08/10, 20 à 24/08/10 e 13 à 15/09/10.

5.3.1 - Evento 27/06/10 a 30/06/10

No evento deste intervalo observou-se que a vazão mínima da microbacia Natuba 1 foi de 6,6 l/s / Km², enquanto que a máxima registrada foi

de 319 l/s / Km². Na microbacia Natuba 2 foi registrado para o evento, 6,5 l/s / Km² de vazão mínima e 335 l/s / Km² de máxima. Na microbacia Natuba 3 registrou-se para o evento 69 l/s / Km² de vazão mínima e 1737 l/s / Km² de máxima. A diferença entre a vazão final e inicial foi de 7,6 l/s / Km² em Natuba 1, 17,0 l/s / Km² em Natuba 2 e -4,4 l/s / Km² em Natuba 3.

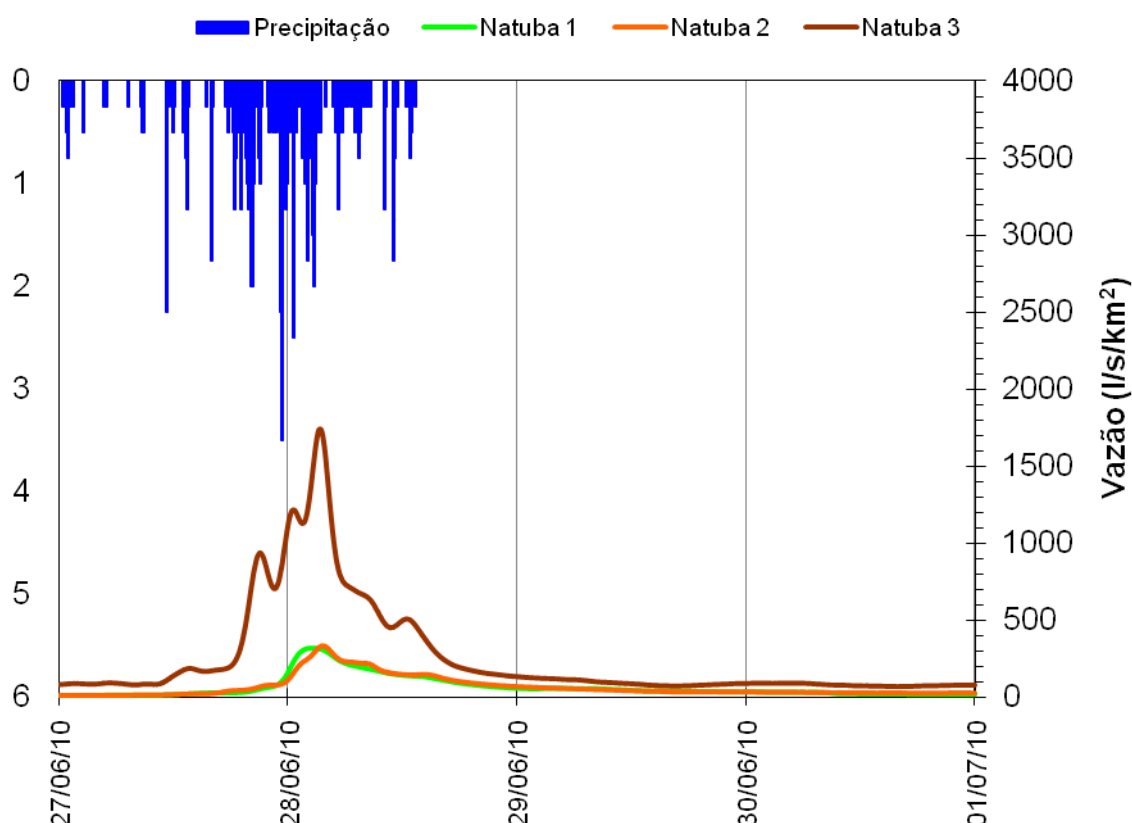


Figura 79 Comportamento da vazão em função da precipitação pluviométrica para o evento de chuva compreendido entre 27/06/10 a 30/06/10 nas microbacias Natuba 1, 2 e 3.

5.3.2 - Evento 12/07/10 a 14/07/10

No evento deste intervalo de tempo observou-se para a vazão da microbacia Natuba 1 um valor mínimo de 8,6 l/s / Km², enquanto que 102 l/s / Km² foi o valor máximo registrado. Na microbacia Natuba 2 foi registrado para o evento, 25,0 l/s / Km² de vazão mínima e 239 l/s / Km² de máxima. Na microbacia Natuba 3 registrou-se para o evento 70,0 l/s / Km² de vazão mínima e 1635 l/s / Km² de máxima. A diferença entre a vazão final e inicial foi de

21,2 l/s / Km² em Natuba 1, 49,5 l/s / Km² em Natuba 2 e 38,2 l/s / Km² em Natuba 3.

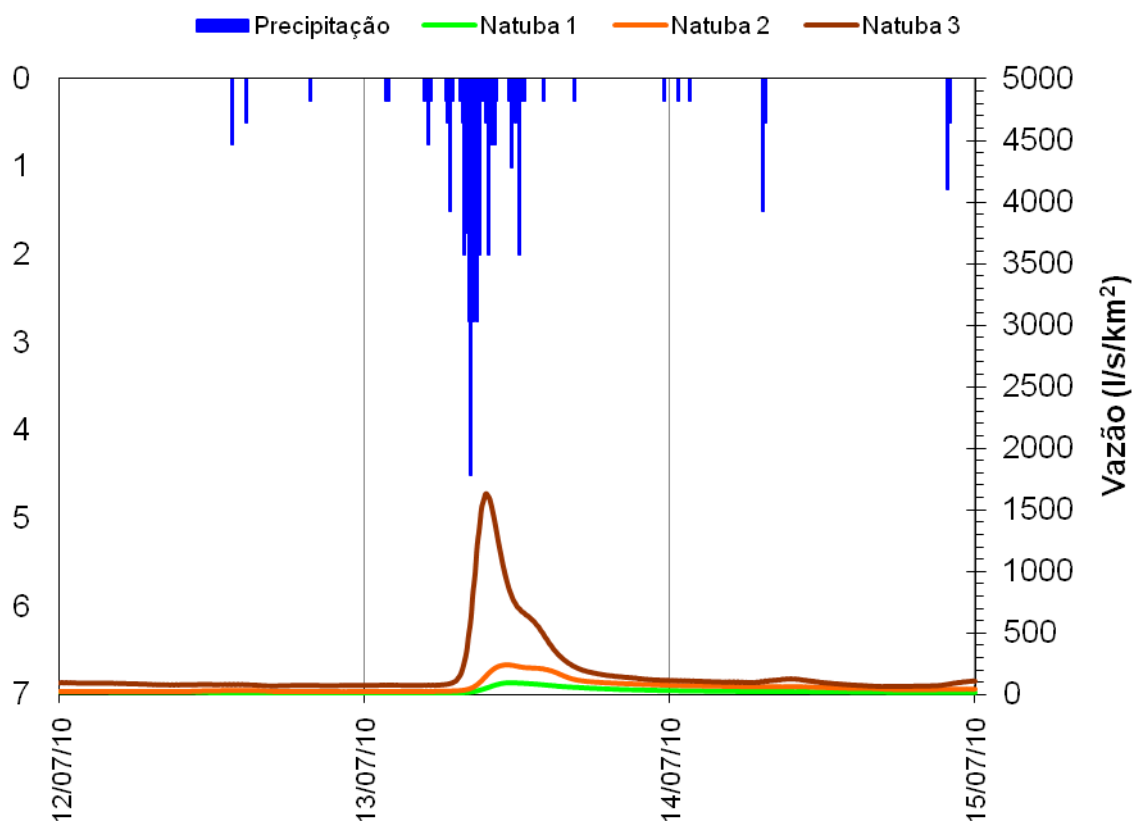


Figura 80 Comportamento da vazão em função da precipitação pluviométrica (mm) para o evento de chuva compreendido entre 12/07/10 a 14/07/10 nas microbacias Natuba 1, 2 e 3.

5.3.3 - Evento 06/08/10 a 10/08/10

Na microbacia Natuba 2 foi registrado para o período, 38,5 l/s / Km² de vazão mínima e 95,0 l/s / Km² de máxima. Na microbacia Natuba 3 registrou-se para o evento 43 l/s / Km² de vazão mínima e 368 l/s / Km² de máxima. Como já foi dito no item 5.2.1, não se tem registro de dados de nível para a microbacia Natuba 1. A diferença entre a vazão final e inicial foi de 5,2 l/s / Km² em Natuba 2 e 2,5 l/s / Km² em Natuba 3.

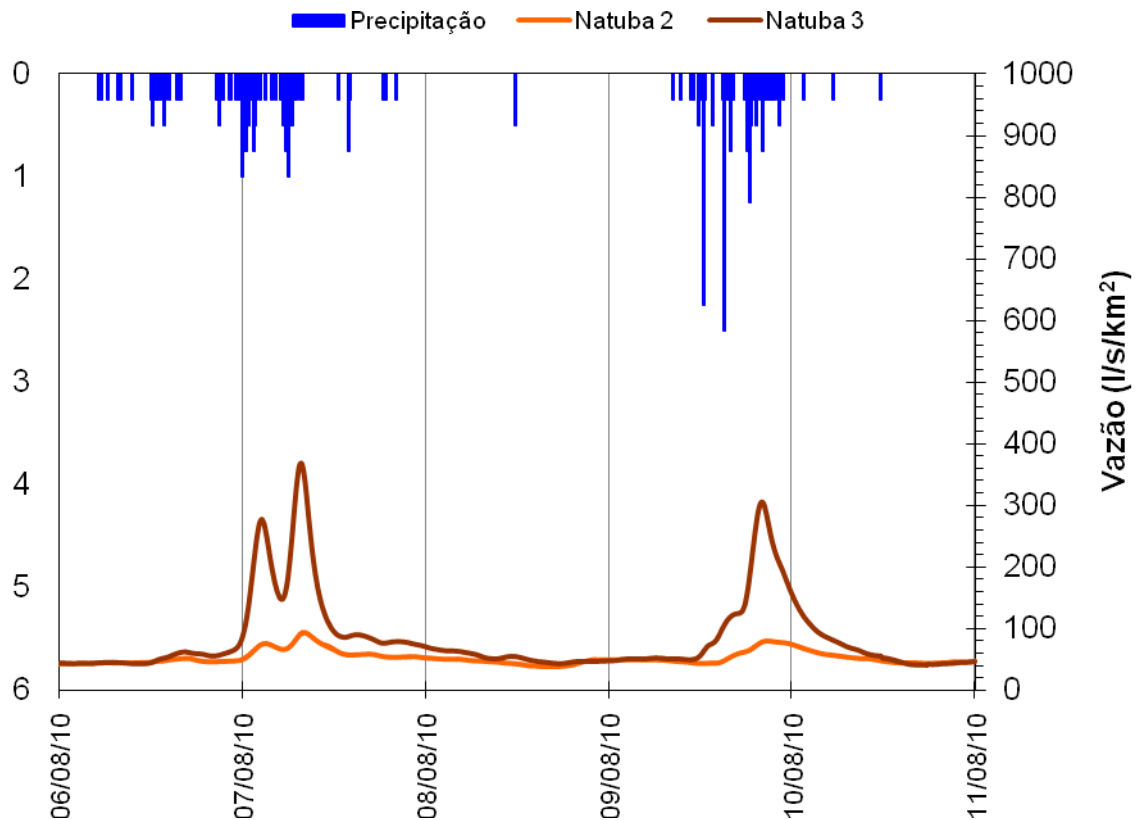


Figura 81 Comportamento da vazão em função da precipitação pluviométrica (mm) para o evento de chuva compreendido entre 06/08/10 a 10/08/10 nas microbacias Natuba 2 e 3.

5.3.4 - Evento 20/08/10 a 24/08/10

Na microbacia Natuba 2 foi registrado para o evento, 43 l/s / Km² de vazão mínima e 92 l/s / Km² de máxima. Na microbacia Natuba 3 registrou-se para o evento 27 l/s / Km² de vazão mínima e 315 l/s / Km² de máxima. Como já foi dito no item 5.2.1, não se tem registro de dados de nível para a microbacia Natuba 1. A diferença entre a vazão final e inicial foi de 19,0 l/s / Km² em Natuba 2 e 9,0 l/s / Km² em Natuba 3.

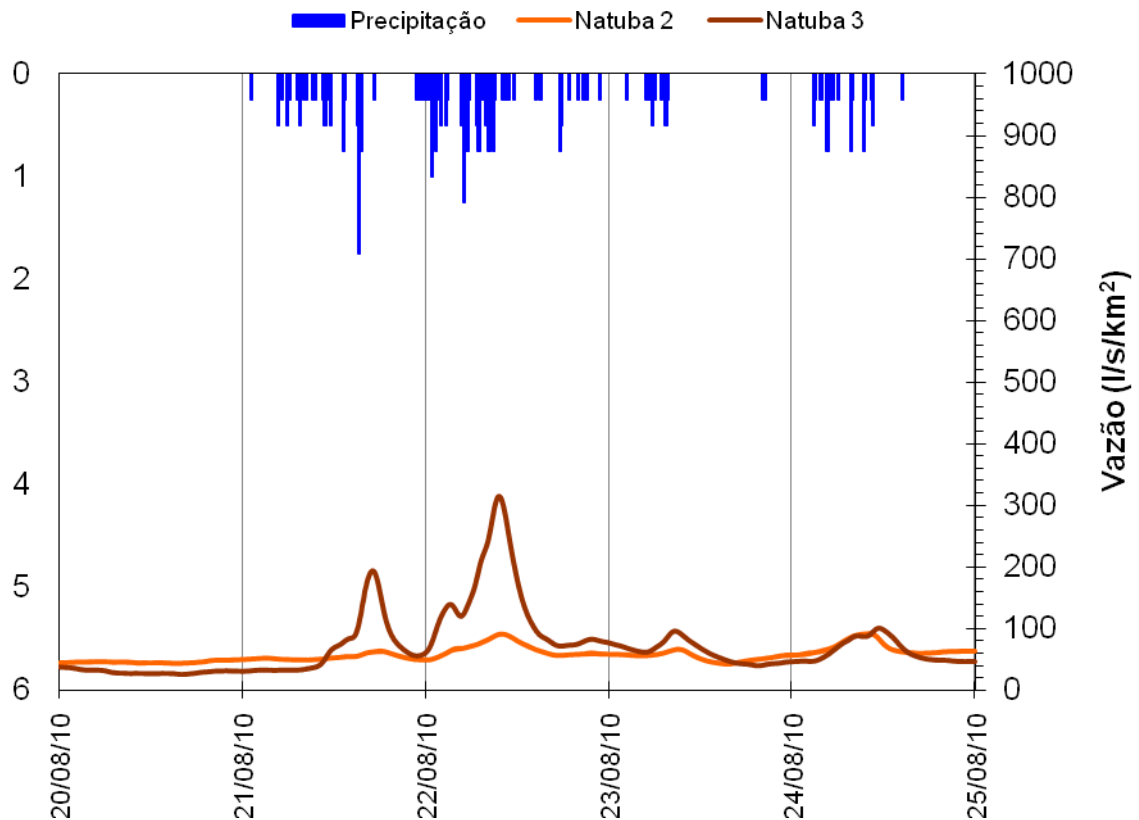


Figura 82 Distribuição da vazão em função da precipitação pluviométrica (mm) para o evento de chuva compreendido entre 20/08/10 a 24/08/10 nas microbacias Natuba 2 e 3.

5.3.5 - Evento 13/09/10 a 15/09/10

Na microbacia Natuba 2 foi registrado para o período, 34 l/s / Km² de vazão mínima e 176 l/s / Km² de máxima. Na microbacia Natuba 3 registrou-se para o evento 42 l/s / Km² de vazão mínima e 1111 l/s / Km² de máxima. Como já foi dito no item 5.2.1, não se tem registro de dados de nível para a microbacia Natuba 1. A diferença entre a vazão final e inicial foi de 44,6 l/s / Km² em Natuba 2 e 44,0 l/s / Km² em Natuba 3.

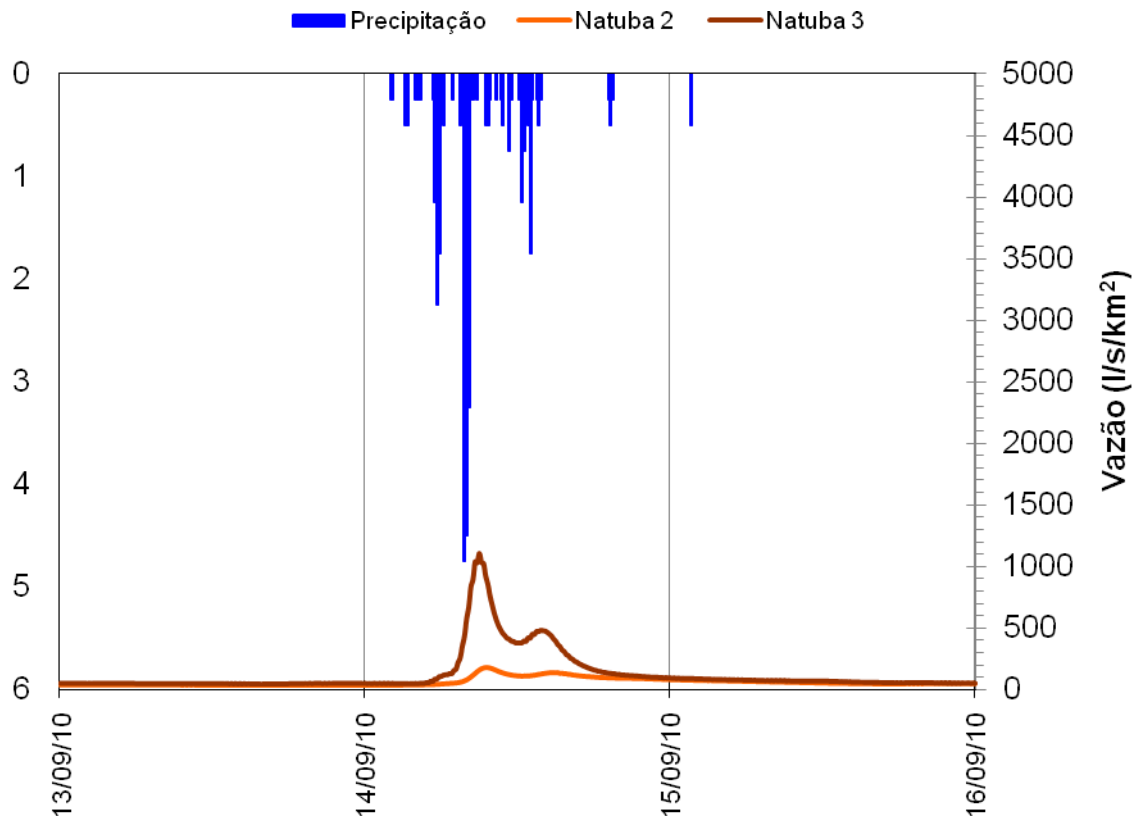


Figura 83 Comportamento da vazão em função da precipitação pluviométrica (mm) para o evento de chuva compreendido entre 13/09/10 a 15/09/10 nas microbacias Natuba 2 e 3.

5.4 – Vazão específica mensal

A microbacia Natuba 3 apresentou grandes picos de vazão, superiores aos registrados nas outras microbacias. No mês de junho, para o período de 25/06/2010 a 30/06/2010 a vazão específica média registrada foi de 45,5 l/s / Km² na microbacia Natuba 1, 53,8 l/s / Km² em Natuba 2 e 177 l/s / Km² em Natuba 3. Esse comportamento da predominância das altas vazões específicas na microbacia com menor complexidade de cobertura florestal foi observado até o dia 25/10/2010, quando foi coletado o ultimo dado de vazão. Na figura 84 esse comportamento pode ser observado de forma mais clara.

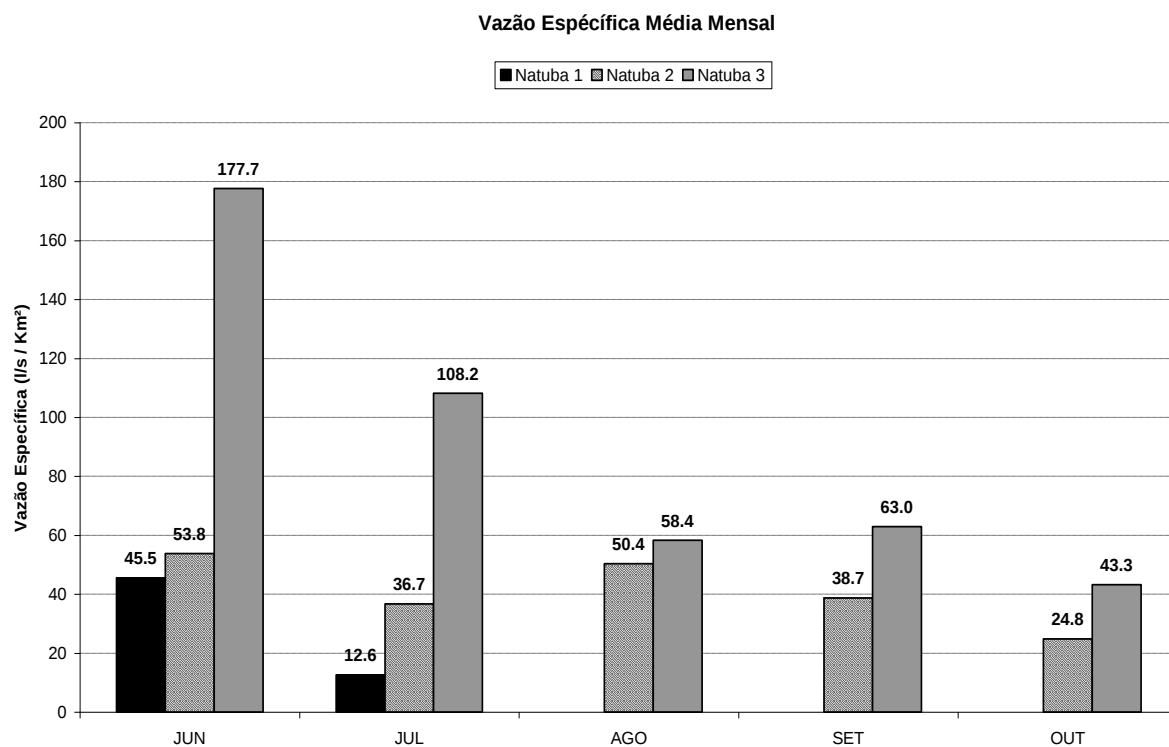


Figura 84 Comportamento da vazão específica média mensal nas microbacias Natuba 1, 2 e 3 compreendida entre 25/06/2010 e 25/10/10.

Tabela 7 Considerando os eventos de chuva-vazão estudados no item 5.3 pôde-se observar o comportamento da vazão, do pico à sua permanência de fluxo. Essa permanência é a diferença da vazão inicial e a final de cada evento.

Vazão Específica (l/s / Km²)				
	Microbacia	Máxima	Média	Permanência (Final - Inicial)
27/6/2010	Natuba 1	319	61,6	7,6
	Natuba 2	335	64,1	17
	Natuba 3	1737	252,6	-4,4
12/7/2010	Natuba 1	102	24,7	21,2
	Natuba 2	239	62,6	49,5
	Natuba 3	1635	177,6	38,2
6/8/2010	Natuba 1	—	—	—
	Natuba 2	95,0	53	5,2
	Natuba 3	368,0	83,6	2,5
20/8/2010	Natuba 1	—	—	—
	Natuba 2	92	57	19
	Natuba 3	315	71,5	9
13/9/2010	Natuba 1	—	—	—
	Natuba 2	176	60	44,6
	Natuba 3	1111	124	44

6 – Discussão

6.1 - Qualidade da Água

Os diversos tipos de cobertura vegetal, mais implicitamente a mata ciliar, desempenham uma ação eficaz na filtragem superficial de sedimentos. Estas, também podem reter por absorção, nutrientes e poluentes, vindos por transporte em solução durante o escoamento superficial.

A zona ripária, isolando estrategicamente o curso d'água dos terrenos mais elevados da microbacia, desempenha uma ação eficaz de filtragem superficial de sedimentos (AUBERTIN & PATRIC, 1974; KARR & SCHLOSSER, 1978; SCHLOSSER & KARR, 1981; BAKER, 1984; MORING et al., 1985; BORG et al., 1988; ADAMS et al., 1988; ICE et al., 1989; MAGETTE et al., 1989).

Lima (1986) corroborou evidências de que a mata ciliar funcionaria muito efetivamente na remoção de nitrato, principalmente devido às transformações bioquímicas por ação de bactérias denitrificadoras presentes nas condições aeróbicas de áreas saturadas da zona ripária e à absorção pelas raízes da vegetação ciliar. Por sua vez, Muscutt et al (1993) evidenciou a remoção do fósforo por esse tipo de vegetação. Já Oliveira (1998) discutiu as evidências deste tipo de remoção indicando o fenômeno equivalente a partir da redução da carga de pesticidas.

Evidentemente que, se a vegetação ripária desempenha função hidrológica importante, a vegetação que cobre toda a microbacia também terá papel relevante. Seguindo esta linha racional, é que se buscou neste trabalho, entender melhor esta dinâmica da influência da vegetação sobre a qualidade da água nas três microbacias.

6.1.1 - Temperatura

As variações de temperatura fazem parte do regime climático onde corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical.

A temperatura da água é influenciada por fatores como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, vazão e profundidade, desempenhando um papel controlador no meio aquático, condicionando as influências de uma série de variáveis físico-químicas (SPERLING, 1996). Geralmente, à medida que a temperatura se eleva; a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam (SPERLING, 1996). Neste trabalho pôde-se observar que as áreas, cuja vegetação, apresentou maiores proporções numéricas e complexidade estrutural, obtiveram menores valores de temperatura da água. A microbacia Natuba 1 obteve temperatura média de 23,5 °C, representando a cobertura natural da área, enquanto a área de regeneração da microbacia Natuba 2 proporcionou uma média um pouco maior, de 25°C. O valor médio da temperatura na microbacia Natuba 3 foi de 26°C, demonstrando que realmente a manutenção da vegetação, ainda é a maneira mais efetiva de prevenir aumentos da temperatura da água, corroborando o que foi relatado em vários estudos desta temática (SWIFT e MESSER, 1971; CORBETT e SPENCER, 1975; SUGIMOTO *et al.*, 1997).

Dessa forma, considerando que os organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferida em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação, pode-se conceber na visão conservacionista, que a manutenção das matas ciliares presta serviços ambientais hidrológicos na manutenção da temperatura dos corpos de água.

6.1.2 – pH

A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Também o efeito indireto é muito importante podendo, em determinadas condições de pH, contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes (NAIME e FAGUNDES, 2005).

A presença visual de grande quantidade dos vários tipos de algas pluricelulares (Clorophyta, Rhodophyta) e espécies vegetais aquáticas na microbacia Natuba 3, explica algumas elevações dos valores de pH, observados em alguns meses, superando por pouco os valores médios observado nas outras microbacias experimentais.

Os poucos valores que apresentaram ligeira acidez foram observados nas áreas com mata ciliar incidente e provavelmente se deve ao acúmulo e deposição da matéria orgânica proveniente da serrapilheira da mata nos corpos de água.

Os dados das áreas estudadas corroboram com Sperling (1996), que afirmou, que os valores de pH entre 4,4 e 8,3 indicam presença apenas de bicarbonatos em água. Tais valores pôde representar potencialmente 100% da alcalinidade total para um corpo de água semelhante (FARIAS, 2006).

O perfil do pH nas microbacias estudadas não apresentou nenhum padrão especial nos valores aferidos, indicando assim que os ambientes de coleta apresentaram-se funcionais, conservando o pH normal, em nível de propiciar a manutenção das funções ecossistêmicas, mesmo quando considerada a sazonalidade deste ecossistema.

6.1.3 – Turbidez

A erosão das margens dos rios em estações chuvosas é um exemplo de fenômeno que resulta em aumento da turbidez das águas. A erosão pode decorrer do mau uso do solo em que se impede a fixação da vegetação. Este exemplo mostra também o caráter sistêmico da poluição difusa, ocorrendo inter-relações ou transferência de problemas de um ambiente (água, ar ou solo) para outro (SPERLING, 1996). Nas microbacias experimentais não se observou uma relação diretamente explícita que correlacionasse a turbidez aos eventos chuvosos e aos dados de sólidos totais. Como se esperava, quanto maior a proporção de vegetação, menor foram os valores médios de turbidez registrados.

6.1.4 – Oxigênio Dissolvido

A determinação do oxigênio dissolvido é de fundamental importância para avaliar as condições naturais da água e detectar impactos ambientais como eutrofização e poluição orgânica. Do ponto de vista ecológico, o oxigênio dissolvido é uma variável extremamente importante, pois é necessário para a respiração da maioria dos organismos que habitam o meio aquático (LIRA, 2008).

Geralmente o oxigênio dissolvido se reduz ou desaparece, quando a água recebe grandes quantidades de substâncias orgânicas biodegradáveis, estas encontradas, por exemplo, no esgoto doméstico. Esse tipo de perturbação ambiental é muito comum em zonas rurais, por ser predominante a geração de grande quantidade de matéria orgânica nessas áreas.

Segundo os valores aferidos de oxigênio dissolvido foi possível observar um comportamento esperado para concentração de oxigênio, sendo a mesma crescentemente de acordo com complexidade estrutural da cobertura vegetal.

A microbacia Natuba 1 coerentemente apresentou as maiores concentrações de oxigênio dissolvido, enquanto que as menores concentrações foram observadas na microbacia Natuba 3, possivelmente tal fato decorre por causa da maior incidência matéria orgânica nas áreas mais

antropizadas. Como esperado os níveis de OD variaram de forma diretamente proporcional à intensidade das chuvas, fato este provavelmente explicado pela aeração dos corpos de água, decorrentes do aumento da carga hídrica.

6.1.5 – Condutividade Elétrica

Franca et al (2006), estudando o riacho dos Macacos, Juazeiro do Norte/CE, verificaram que o valor da condutividade elétrica diminuiu no período chuvoso, devido à diluição dos íons com águas provenientes das precipitações. Esse fato corrobora com os períodos de grandes eventos nas três microbacias experimentais.

Pereira (2008) encontrou o contrário para o Ribeirão Piancó/GO, já que no período seco a condutividade elétrica oscilou de 3,8 a 19,6 $\mu\text{S cm}^{-1}$ e no período chuvoso de 10 a 28,4 $\mu\text{S cm}^{-1}$. O mesmo autor também observou que durante os meses de estiagem os valores de condutividade se mostraram estáveis e no período de chuvas houve um aumento dos valores de condutividade, indicando maiores concentrações de íons nas águas desse ribeirão e a presença de sais na água devido, provavelmente, ao carreamento de elementos químicos presentes no solo, ocasionados pela falta de vegetação. Esse evento também foi observado para alguns meses na microbacia Natuba 3, que também como o Ribeirão Piancó, possui ausência de cobertura natural em estado de conservação plena.

Considerando também Silva et al (2007) que verificou, que o teor de sólidos dissolvidos totais da água é estimado a partir de sua condutividade elétrica e apresenta sempre valores próximos da metade do valor da condutividade, pôde-se corroborar, a partir dos dados aferidos, que este trabalho seguiu esta mesma tendência.

6.1.6 – Fósforo

Os compostos de fósforo são um dos mais importantes fatores limitantes à vida dos organismos aquáticos e a sua presença, em uma massa de água, é de importância fundamental no controle biológico das algas. Despejos orgânicos, especialmente esgotos domésticos, podem enriquecer as águas com esse elemento (SPERLING, 1996).

Levando em consideração a afirmação no parágrafo anterior avaliou-se a presença e concentração do fosfato nas três microbacias experimentais, e, diferente de como seria esperado a concentração do fosfato muitas vezes não variou positivamente de acordo com o grau de antropização da área, ou seja, à potencialidade de haver rejeitos orgânicos. Provavelmente tal resultado está vinculado ao fato de que a região ainda possui uma pequena taxa de ocupação.

Hahn et al (2001), observaram que no verão, onde ocorreu o menor pico de chuvas, as concentrações de nitrogênio e fósforo total foram menores que no inverno. O autor associa os altos valores de nitrogênio e fósforo registrados durante o inverno, ao excesso de chuvas registrados na época, o que provoca o revolvimento destas substâncias até então depositadas nos sedimentos. Guimarães et al. (2005), estudando a qualidade da água do Açude Epitácio Pessoa na Paraíba, observou que no período chuvoso o fósforo total apresentou suas maiores concentrações. Neste trabalho não foi possível observar tais padrões definidamente semelhantes.

Muscutt (1993) evidenciou a remoção do fósforo pela mata ciliar e na microbacia Natuba 1 foi possível se observar muitas vezes em que a concentração de fosfato foi inferior ao observado nas outras áreas.

Apesar das microbacias apresentarem valores superiores ao limite legal estipulado pelo CONAMA, não se observou fontes poluidoras de grande evidência nos locais de coleta. Dessa forma considera-se que em cada microbacia existem diferentes fontes disseminantes de fosfato, seja proveniente do ecossistema natural (Natuba 1), ou das fontes antrópicas de despejo e criação de animais (Natuba 2 e 3).

6.1.7 – Nitrato

As águas naturais, em geral, contêm nitratos em solução e, além disso, principalmente tratando-se de águas que recebem resíduos domésticos, podem conter quantidades variáveis de compostos mais complexos, tais como: compostos orgânicos quaternários, amônia e nitritos. Em geral, a presença destes denuncia a existência de poluição recente, uma vez que essas substâncias são oxidadas rapidamente na água, devido principalmente à presença de bactérias nitrificantes (SPERLING, 1996). Por essa razão, constituem um importante índice da presença de despejos orgânicos recentes.

Rocha et al. (2008), estudando 5 nascentes da bacia hidrográfica do Rio Preto, sub-bacia do médio rio São Francisco, verificaram que as concentrações de nitrato variaram de 0,0 a 0,7 mg L⁻¹, afirmando que as concentrações de nitrato em águas naturais geralmente são baixas devido a sua utilização em mecanismos bioquímicos de solos e plantas, e em processo de denitrificação. Lima (1986) também corroborou evidências de que a mata ciliar funcionaria muito efetivamente na remoção de nitrato

Dessa forma, considerando os resultados obtidos nas coletas realizadas nas microbacias experimentais do Alto Natuba, pode-se estabelecer que as microbacias apresentam um estágio natural, corroborando com a afirmação de Rocha et al (2008), sendo possível observar baixas concentrações de nitrato. Quando presentes, estas, estiveram muito abaixo do limite estabelecido pelo CONAMA.

6.1.8 – Sólidos Totais

No corpo hídrico, os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Eles podem se sedimentar no leito dos rios, destruindo organismos que fornecem alimentos, ou também danificar os leitos de desova de peixes. Os sólidos podem também reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia (NAIME e FAGUNDES, 2005).

. A condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados. Altos teores de sais minerais, particularmente sulfato e cloreto, estão associados à tendência de corrosão, além de conferir sabor às águas (SPERLING, 1996).

Baixos valores de sólidos totais são responsáveis por uma maior quantidade de OD na água, possivelmente por coincidir com o período de maiores ocorrências de chuvas. Guimarães et al (2005), observaram que a concentração de sólidos dissolvidos totais decresceu com as chuvas. Este trabalho apresentou resultados semelhantes, e assim, corroborando com Guimarães et al (2005) foi possível se observar que as microbacias experimentais apresentaram mutuamente um padrão de resposta positiva à variação inversamente proporcional dos sólidos totais com as chuvas e o oxigênio dissolvido. Embora também tenha sido estudada a relação entre a condutividade e os sólidos totais neste trabalho, não foi observada uma explicabilidade direta entre as variáveis.

6.1.9 – Coliformes Termotolerantes

A presença das bactérias coliformes do grupo da *Echerichia coli* na água de um rio significa que, esse rio recebeu, possivelmente, resíduos orgânicos provenientes do lixo, matérias fecais ou esgotos. Por outro lado, a presença de coliformes fecais (ou termotolerantes) indica a possibilidade da existência de fezes de animais de sangue quente, inclusive fezes humanas, que transportam, para as águas ou para o solo, as bactérias causadoras de doenças. Assim, se a água recebe fezes, ela pode muito bem estar recebendo micróbios patogênicos. Por isso, a presença de coliformes termotolerantes na água indica a presença de fezes e, portanto, a possível presença de seres patogênicos (BRANCO, 1986).

Almeida (2007), estudando o córrego Bandeira, localizado na sub-bacia do rio das Garças/MT, encontrou um valor de mais de 24.192 NMP/100 mL para coliformes termotolerantes no período chuvoso, devendo-se, principalmente, à pecuária, já que com a chuva os microrganismos são carregados para o leito do rio.

Sabendo de tais informações esperar-se-ia que a microbacia com área antropizada possuísse as maiores quantidades de coliformes termotolerantes, e assim foi observada para as concentrações estudadas. A microbacia Natuba 3 foi a única a apresentar tais tipos de coliformes, mesmo que em baixas concentrações, fato este que corrobora com a literatura.

6.2 - Quantidade da Água

6.2.1 – Comportamento pluviométrico

O objetivo dos postos de medição e coleta de dados pluviométricos é o de se obter séries ininterruptas de precipitação ao longo de uma escala temporal definida. Tais dados servem tanto para estudos de caracterização das fronteiras climáticas, quanto para realização de análises da evolução dos eventos torrenciais característicos das diferentes regiões (TUCCI, 2007).

Com o intuito de caracterizar a bacia do Alto Natuba pluviometricamente e relacionar a quantidade de água disponível nesse ecossistema para geração de vazão, foram estruturados panoramas de precipitação média mensal para a localidade.

A precipitação de 2010 na sub-bacia do Alto Natuba se caracterizou por apresentar uma precipitação anual superior à média obtida para a região, considerando todos os postos vizinhos.

Philips et al. (1992), afirmam que a topografia tem grande efeito sobre as precipitações, ocorrendo aumento da intensidade destas últimas com a altitude. Considera-se então que a altitude e disposição do relevo contribuem localmente para uma acentuada assimetria na distribuição da precipitação.

Corroborando com essa hipótese foi possível se observar que de acordo com a PCD Natuba, a região do Alto Natuba apresentou para 2010, precipitação anual superior aos postos próximos, com registro de 1510 mm. A pluviometria deste posto foi inclusive maior do que a média da região, que foi de 1260 mm. Esse fato provavelmente se deve a ocorrência dessas áreas de máximas altitudes, dentro do município de Pombos, que tem sua sede a 208

metros, enquanto a sub bacia do Alto Natuba chega a 578 metros acima do nível do mar.

6.2.2 – Comportamento fluviométrico

No período chuvoso, inicialmente, apenas parte da bacia contribui para o escoamento direto das águas do evento de chuva, sobretudo se esta for coberta por floresta. Porém, com o prolongamento do período de chuvas, essas áreas de contribuição tendem a se expandir, não apenas em decorrência da ampliação da rede de drenagem, como também pelo fato de que as áreas críticas da microbacia, saturadas ou de solo mais raso, começam também a participar da geração do escoamento direto (LIMA & ZAKIA, 2000).

O conhecimento dos mecanismos pelos quais a microbacia reage à ocorrência de uma chuva através do escoamento direto é uma das grandes contribuições das pesquisas em microbacias experimentais (LIMA & ZAKIA, 2000). Esta área de estudo tem sido intensamente explorada (KIRKBY, 1978; ANDERSON & BURT, 1990).

A partir de trabalhos pioneiros do final da década de 30, como, Horton, (1940) que dizia que o escoamento direto era basicamente produzido pelo escoamento superficial que ocorre toda vez que a intensidade da chuva excede a capacidade de infiltração do solo, proveniente igualmente de todas as partes da microbacia, se começou a estabelecer fortes conexões da influência da cobertura vegetal na geração de vazão do rio.

Betson (1964) usou o modelo de Horton para a predição do escoamento direto em microbacias e verificou que o modelo só se ajustava com a multiplicação dos resultados por um fator de correção que variou de 0,046 a 0,858. Segundo o autor, esta necessidade mostrou que o escoamento hortoniano ocorria apenas numa fração da microbacia (4,6 a 85,8%) e usou a expressão "área parcial" para este fenômeno. Na realidade, tem sido verificado que a área parcial não é fixa, mas varia com a duração, a intensidade da chuva, com as condições de umidade antecedente e o tipo de cobertura vegetal, sugerindo-se que a expressão mais adequada seria "área variável parcial de contribuição" (CHORLEY, 1978).

O estudo de hidrogramas de microbacias experimentais de regiões montanhosas permitiu o estabelecimento, no início da década de 60, do conceito de "área variável de afluência" (A.V.A.) (HEWLETT & HIBBERT, 1967). O desenvolvimento deste conceito deveu-se ao fato de que nestas microbacias revestidas de boa cobertura florestal o deflúvio não é produzido a partir de toda a superfície da microbacia. Ao contrário, o deflúvio nestas condições está sob a influência de uma área de origem dinâmica, uma vez que sofre expansões e contrações.

Sabendo-se de tais relações de interferência da cobertura vegetal na geração de escoamento superficial, e conseqüentemente vazão do rio, objetivou-se verificar qual o padrão local de resposta chuva – vazão das microbacias experimentais do Alto Natuba.

A observação dos dados para os grandes eventos de chuva registrados pela PCD Natuba e os dados aferidos pelos medidores de nível automáticos, geraram perfis de resposta para cada microbacia estudada. Os eventos chaves que ocorreram de junho a setembro de 2010, revelaram que conforme a complexidade estrutural da cobertura vegetal aumenta, a vazão de pico diminui consideravelmente. Isso é claramente verificável, no evento ocorrido de 27 a 30 de junho de 2010 (figura 78).

Mesmo sabendo que na dinâmica das microbacias considera-se que a duração de precipitação intensa é igual ao tempo de concentração, e que ao considerar essa igualdade considera-se que a bacia é suficientemente pequena para que essa situação ocorra, foi possível observar, que áreas de maior complexidade vegetal mantiveram uma vazão constantemente superior durante a recessão pluviométrica. Esse fenômeno de regularização pode ser observado com maior clareza no evento de 20 a 24 de agosto de 2010 (figura 82).

Portanto, em um primeiro momento, a floresta é capaz de reter o fluxo, atenuando as enchentes. Após o período chuvoso, a água é liberada gradativamente, amenizando as baixas vazões no período de estiagem. Assim, a recuperação da vegetação contribui para o aumento da capacidade de armazenamento da água na microbacia, o que eleva a vazão no período de estiagem, se comparada com a que seria gerada na situação de uma área desmatada. Analogamente, atenua o pico de cheia na estação chuvosa.

7 – Serviços Ambientais Gerados

Através das considerações obtidas para o estudo de caso a que este trabalho se propôs, é possível fazer alusão ao estudo de serviços ambientais hidrológicos. Estes serviços são prestados, por exemplo, pelas microbacias, em função dos tipos e complexidade da cobertura florestal, salientando, que toda a paisagem age como uma unidade comum dependente de cada dos seus estratos constituintes.

Seguindo este padrão de pensamento, foi que na Costa Rica a Empresa de Serviços Públicos de Heredia, se utilizando dos conhecimentos científicos gerados em trabalhos como este, reajustou suas tarifas de abastecimento de água para custear atividades de proteção e recuperação de florestas nas zonas de infiltração das fontes de abastecimento de água potável, gerando novos instrumentos de gestão em recursos hídricos e políticas públicas complementares (CAMACHO, 2001).

Recentemente, o Programa Nacional de Florestas (PNF), reconhece em solo brasileiro a importância das florestas na proteção dos mananciais hídricos de abastecimento público e propõe a aplicação de parte da tarifa de água na recuperação de áreas de preservação permanente de bacias hidrográficas (MMA, 2000). Em consequência, surgiu a proposta da Política Nacional de Biodiversidade do Ministério do Meio Ambiente brasileiro, onde o MMA, (2002) reconheceu a necessidade da identificação de áreas críticas em nível de bacias hidrográficas para conservação dos recursos hídricos e produção de água. Priorizando simultaneamente, medidas mitigadoras de recuperação e de restauração da biodiversidade nessas áreas críticas.

A partir deste primeiro momento surgiu em vários comitês de bacia do centro sul brasileiro a incorporação dessas idéias conservacionistas às práticas tecnológicas em desenvolvimento, gerando novos instrumentos de gestão.

Em São Paulo, um movimento pioneiro no âmbito da bacia do rio Corumbataí gerou uma iniciativa a partir do poder público apoiada pela sociedade civil organizada. O município de Piracicaba decidiu investir, através da sua companhia de águas e esgotos – SEMAE, em ações de conservação e recuperação florestal, para garantir o suprimento de água em qualidade e

quantidade, necessárias à sua população de quase meio milhão de habitantes. Para isso, a SEMAE cobra R\$ 0,01 por cada m³ de água captada, possibilitando a execução de projetos de sementeiras, reflorestamento e educação ambiental. Recentemente os recursos arrecadados propiciaram a elaboração de um Plano Diretor Florestal para a Bacia do Rio Corumbataí (IPEF, 2002).

Considerando as estratégias atuais para gestão dos recursos hídricos na bacia do Capibaribe e o Plano Hidroambiental desta mesma, espera-se que as informações aqui discutidas sirvam de subsídio intelectual para elaboração de novos instrumentos de gestão em recursos hídricos no estado de Pernambuco, já que o rio Natuba faz parte de um cenário hidrológico importante, gerando vazão contribuinte para a barragem do Tapacurá e dispondo recurso hídrico para irrigação de um dos grandes pólos de horticultura e frutíferas do estado.

Este estudo demonstrou que com a conservação da cobertura florestal e a perpetuação do serviço ambiental hidrológico é possível proteger o recurso oferecido pelo rio Natuba, quantitativa e qualitativamente, regularizando suas vazões no período de recessão e impedindo os grandes impactos provocados pelas chuvas intensas, através do escoamento superficial.

8 – Conclusão e Recomendações Finais

Em resposta às hipóteses levantadas a partir dos objetivos abordados neste trabalho, pôde-se reconhecer a relevância que o entendimento da dinâmica da resposta chuva-vazão em microbacias tem para o planejamento, gestão e os tipos de uso estabelecidos dentro dos limites fronteiros das bacias.

A partir do monitoramento da qualidade das águas foi observado que apenas três importantes variáveis foram responsáveis pela construção do perfil comparativo entre as microbacias experimentais, são elas: Temperatura, Oxigênio Dissolvido e Fósforo. A proximidade dessas variáveis de qualidade à condição de Classe Especial do CONAMA 357 acompanhou proporcionalmente a complexidade florestal e nível de conservação das microbacias.

O perfil da precipitação nas microbacias abordou as inter-relações que a atmosfera possui com o relevo. Das médias históricas dos postos vizinhos à PCD Natuba, até a obtenção de uma média de precipitação para a região compreendida dentro do polígono formado pelos postos, foi possível observar que a região do Alto Natuba é uma área que concentra pluviosidade acima da média do conjunto paisagístico. Acompanhando a distribuição das chuvas mensalmente, foi possível observar também, que estas apresentaram uma tendência de concentração pluviométrica em poucos meses.

A partir do estudo dos eventos intensos para a região foi possível obter para cada uma das três microbacias experimentais, uma curva de comportamento da vazão, que, quando comparadas, demonstraram que de acordo com a maior complexidade estrutural e conservação das áreas de floresta, menor era a vazão específica de pico e maior era permanência da vazão na recessão.

Na microbacia Natuba 1 (uso natural) foram registrados os menores valores de vazão específica em resposta ao evento de precipitação, ao

contrário da microbacia Natuba 3 (uso antrópico) que apresentou os maiores valores de vazão específica. Assim pôde ser observado, por exemplo, no evento de 27 de junho de 2010 e de 20 de agosto de 2010.

Considerando o processo de concentração das chuvas intensas em maior frequência na progressão da série histórica e a expansão das fronteiras de ocupação humana, observa-se no estudo de vazão em microbacias com diferentes usos do solo, uma ferramenta útil para geração dos instrumentos de gestão da água.

A partir do estudo de vazão nas três microbacias experimentais do Alto Natuba, observou-se uma tendência clara da importância da manutenção da complexidade da cobertura florestal, na regularização da vazão, atenuação das enchentes e manutenção da qualidade da água. Estas funções ecossistêmicas já relacionadas neste trabalho como, serviços ambientais hidrológicos, foram evidenciadas na região do Alto Natuba.

Em posse das informações conclusivas relatadas no parágrafo anterior, adquiridas no desenvolvimento desta pesquisa, é possível subsidiar a formulação de novas políticas públicas, tanto para o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe, o qual tem o Rio Natuba como um dos contribuintes, quanto para a utilização desta metodologia como modelo de projeção dos serviços ambientais hidrológicos prestados por microbacias no estado de Pernambuco.

Referências

ABNT - NBR 13403., Medição de vazão em efluentes líquidos e corpos receptores - Escoamento livre, Agroflorestal no Assentamento de Ronda – Pombos. Sociedade Nordestina de Ecologia – Recife,. p.7. 1995.

ADAMS, P. W.; BESCHTA, R. L., FROEHLICH, H. A., Mountain logging near streams: opportunities and challenges. Proc. International Mountain Logging and Pacific Skyline Symposium. Oregon State University, Corvallis: 153-162. 1988

ALMEIDA, A. R., Qualidade da água na sub-bacia do rio das Garças em 2006, Mato Grosso, Brasil. Congresso de Ecologia do Brasil, 8., 2007, Caxambu. Anais. Caxambu: SEB (Sociedade de Ecologia do Brasil), p. 2. 2007.

ALMEIDA, R. M. A. A. et al., Qualidade microbiológica do córrego “Ribeirão dos Porcos” no município de Espírito Santo do Pinhal – SP. Eng. Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v.1, n.1, p. 051-056, 2004.

ANDERSON. M.G. & BURT, T.P. (Eds.), Process Studies in Hillslope Hydrology. John Wiley & Sons. 462 p. 1990.

APHA (American Public Health Association), Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater. 21 ed. New York: APHA. 2005.

APHA. Standard methods for examination of water and wastewater. 19 th ed. Washington, DC: American Public Health Association, 1995.

ARCOVA, F. C. S.; CESAR, S. F., CICCIO, V., Qualidade da água em microbacias recobertas por floresta de Mata Atlântica, Cunha, São Paulo. Revista do Instituto Florestal de São Paulo, São Paulo, v.10, n.2, p.185-96, 1998.

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V., Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. Scientia Forestalis, Piracicaba, v.5, n.6, p.125-34, 1999.

AUBERTIN, G.M. & PATRIC, J. H., Water quality after clearcutting a small watershed in West Virginia. Journal of Environmental Quality, 3 (3): 243-249. 1974.

BAKER, S.E., The development, current use, and effectiveness of streamside buffer zones in precluding sediment delivery to forest streams. North Caroline State University. M.S. Thesis. 1984

BARRETO-NETO, SOUZA FILHO A. A., C. R., Modelagem dinâmica de escoamento superficial. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 11., 2003. Minas Gerais. Anais São Jose dos Campos: INPE. Artigos.. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.13.18.12/doc/18_149.pp>. 2427 - 2434, 2003

BELTRAME, A. V., Diagnóstico do meio físico de Bacias Hidrográficas: modelo e aplicação. Florianópolis: Ed. UFSC, 112 p. 1994.

BETSON, R. P., What is watershed runoff ? Journal of Geophysical Research, 69 (8): 1541-1552. 1964.

BORG, H.; HORDACRE, A.; BATINI, F., Effects of logging in stream and river buffers on watercourses and water quality in the southern forest of Western Australia. Australian Forestry, 51 (2): 98-105. 1988.

BRAGA, R. A. P., Carta Consulta ao PROMATA – Projeto: Recuperação e Produção Agropecuária no Assentamento de Ronda – Pombos. Sociedade Nordestina de Ecologia – Recife 22p. 2005.

BRAGA, R. A. P., Gestão Ambiental da Bacia do Rio Tapacurá – Plano de Ação. Universidade Federal de Pernambuco/ CTG/ DECIVIL / GRH; Recife: Ed. Universitária da UFPE, 101p. 2001.

BRANCO, S. M. Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária, São Paulo, 3 ed., CETESB/ASCETESB, 616p. 1986.

BROOKS, K. R.; SAVITSKY, B. G.; TARBOX, D. P.; ALLEN, J. S.; MUKHERJEE, A.; CLARK, W., "A Database and Mapping Framework for Climate Analysis in the Southeastern United States." Research Report #1120591, Southeast Regional Climate Center, July 1991.

BROWN, R.G. Effects of precipitation and land use on storm runoff. Water Resources Bulletin 24:421-426. 1988.

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

CAMACHO, D. C. Influencia de los Bosques en los Cursos de Agua. IV Diálogo Interamericano de Gerenciamento de Águas. Foz do Iguaçu, MMA/OEA. 2001.

CAMARA, G., DAVIS, C., MONTEIRO, A. M., D'ALGE, J. C., Introdução à Ciência da Geoinformação. 2ª ed. São José dos Campos, INPE 2001.

CASTRO FILHO, C.; LOURENÇO, A.; GUIMARÃES, DE F. M. e FONSECA, I. C. B., Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Parana, Brazil. Soil and Tillage Research, v.65, n.1, p.45-51. 2002.

CETESB., Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice.asp>>. Acessado em 19 Jul. 2010.

CHORLEY, R.J., The hillslope hydrologic cycle. In: Hillslope Hydrology. M.J. KIRKBY (Ed.). John Wiley: 1-42. 1978.

CHOW V. T. et al., Applied Hydrology. 1ª ed. New York, McGraw Hill, 572 p. 1988.

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R; MAYS, L. W., Applied Hydrology , McGraw-Hill, p.565. 1998.

CICCO, V.; EMMERICH, W.; FUJIEDA, M., Determinação da curva-chave do vertedouro da bacia hidrográfica experimental "D" no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha, SP. Boletim Técnico do Instituto Florestal de São Paulo, v.41, p 79-96, 1987.

CIRILO, J. A. (Org. et al)., Hidráulica aplicada. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.8.2ed. revista e ampliada – Porto Alegre. ABRH. 2003. Climate Center, July 1991. Compartimentada do Seqüestro de Carbono no Solo. Embrapa Solos: Boletim de pesquisa e desenvolvimento. 22: 10 p. 2004.

CLARK., "A Database and Mapping Framework for Climate Analysis in the Southeastern United States." Research Report #1120591, Southeast Regional Climate Center, July 1991.

CORBETT, E.S.; SPENCER, W., Effects of management practices on water quality and quantity: Baltimore, Maryland, Municipal Watersheds. In: MUNICIPAL WATERSHED MANAGEMENT SYMPOSIUM, 1973. Proceedings. USDA Forest Service, General Technical Report NE-13, p.25-31, 1975.

CORBETT, E.S.; SPENCER, W., Effects of management practices on water quality and quantity: Baltimore, Maryland, Municipal Watersheds. In: MUNICIPAL WATERSHED MANAGEMENT SYMPOSIUM, 1973. Proceedings. USDA Forest Service, General Technical Report NE-13, p.25-31, 1975.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL., Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, Pernambuco: Diagnóstico do Município de Pombos. Recife: CPRM, 2005. 11p.

CUSTODIO, E., LLAMAS, M. R., Hidrologia subterrânea. Barcelona: Ediciones Omega S.A., vol 2. 1157p. 1976.

DARAGHMEH, O. A., JENSEN, J. R. e PETERSEN, C. T., Soil structure stability under conventional and reduced tillage in a sandy loam. Geoderma, v.150, n.1-2, p.64-71. 2009.

DAVIS, K.S. and DAY. J.A., Water the mirror of science. Anchor Books Doubleday, Garden City, N.Y.1961.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C., Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.25, n.1, p.115-125, 2005.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C., Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego rico, São Paulo, Brasil. *Eng. Agríc.* [online]., ISSN 0100-6916., vol. 25, n.1, pp. 115-125 2005

FARIAS, M. S. D. S., Monitoramento da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Cabelo. 152f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2006.

FLORENZANO, T. G. Imagens de Satélites para Estudos Ambientais, São Paulo: Oficina de Texto, 2002.

FRANCA, R. M.; FRISCHKORN, H.; SANTOS, M. R. P; MENDONÇA, L. A. R.; BESERRA, M. C., Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte/CE. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v.11, n.1, p. 92-102, 2006.

GOLDENFUM, J. A., Pequenas Bacias Hidrológicas: Conceitos Básicos. In PAIVA, J. B. D. & PAIVA, E. M. C. D. (ORG.) Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas. ABRH. Porto Alegre, 2003.

GUIMARÃES, A. O. et al., Aspectos da gestão do Açude Epitácio Pessoa (PB) e variação da qualidade da água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23º, 2005, Campo Grande. Anais Campo Grande: ABES,. CD-ROM. p. 1-8. 2005.

HAHN, L., et al. Monitoramento ictiofaunístico e limnológico no reservatório da Usina Hidrelétrica Passo Fundo, Gerasul, RS. In: Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica, 2001, Brasília, DF. Anais... Brasília: CITENEL,. CD-ROM. p. 1-4. 2001.

HARTMANN, D. L., 1994: Global Physical Climatology. Academic Press, San Diego, 411.

HEWLETT, J.D. & HIBBERT, A. E., Factors affecting the response of small watersheds to precipitation in humid areas. International Symposium on Forest Hydrology. Pergamon Press: 275-290. 1967.

HORTON, R.E., 1940. An approach toward a physical interpretation of infiltration capacity. Soil Science Society of America Proc., 5: 399-417. Validation

HULME, M.; SHEARD N. Climate Change Scenarios for Brazil. Climatic Research Unit (<http://www.cru.uea.ac.uk>), at the University of East Anglia, Norwich, UK. p.6. 1999.

HUTCHINSON M.F A ,new procedure for Gridding Elevation and Stream Line Data with Automatic Removal of Spurious Pits. *Journal of Hydrology* 106, 211-232. 1989.

HUTCHINSON M.F Calculation of Hydrologically Sound Digital Elevation Models. In : Proc. Third International Symposium on Spatial Data Handling, (1988) August 17-19'. Sydney, Australia pp. 117-133

ICE, G.G.; BESCHTA, R.L.; CRAIG, R.S.; SEDELL, J.R.. Riparian protection rules for Oregon forests. USDA Forest Service, Gen. Tech. Report PSW-110: 533- 536. 1989.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS., Plano Diretor de Conservação dos Recursos Hídricos por meio de Recuperação e da Conservação da Cobertura Florestal da Bacia do Rio Corumbataí. Piracicaba, p. 301. 2002.

IPCC (2001)., Climate change: Synthesis Report. Summary for Policymakers. Approved in detail at IPCC Plenary XVIII (Wembley, United Kingdom, 24-29 September 2001). World Meteorological Organization and United Nations Environmental Programme. 2001

KARR, J.R. & SCHLOSSER, I. J., Water resources and the land-water interface. Science, 201: 229-234. 1978.

KIDDER, S. Q.; HAAR, T. H. V., Satellite meteorology an introduction. San Diego: Academy Press, 1995.

KIRKBY, M.J. (Ed.), Hillslope Hydrology. John Wiley. p. 389 1978

KONDRATYEV, K. Y. A., Radiation in the Atmosphere. Academic Press, New York, p. 912 1969.

KROL, M. S., BRONSTERT, A., Regional integrated modelling of climate change impacts on natural resources and resource usage in semi-arid Northeast Brazil. Environmental Modelling & Software. v. 22, p. 259 – 268. 2007.

KROL, M.; JAEGER, A.; BRONSTERT, A.; GUNTNER, A., Integrated modelling of climate, water, soil, agricultural and socio-economic processes: A general introduction of the methodology and some exemplary results from the semi-arid north-east of Brazil Journal of Hydrology. 328, 417– 431. 2006.

LIMA, W. de P. O Papel Hidrológico da Floresta na Proteção dos Recursos Hídricos. CONGRESSOFLORESTAL BRASILEIRO, 5, 1986, Olinda IN: Silvicultura, V.41, p.59-62. 1986.

LIMA, W. P. Impacto Ambiental do Eucalipto. 2 ed. São Paulo: EDUSP. 1996. 301p.

LIMA, W. P.; ZANKIA, M. J. B., Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, A. F., (Org)., Matas Ciliares: conservação e recuperação. São Paulo: EDUSP., Cap. 3, p. 33-44. 2000.

LIMA, W. P.; ZANKIA, M. J. B., Indicadores Hidrológicos em áreas Florestais. Serie Técnica IPEF, v.12, n. 31, p. 53-64, 1998.

LIOU, K-N. In Introduction to Atmospheric Radiation. Academic Press, New York, 392p. 1980.

LIRA, J. B. M. L., Avaliação preliminar das concentrações de metais pesados nos sedimentos da Lagoa do Araçá, Recife - Pernambuco, Brasil. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco, Recife., 79f 2008

LIRA, M. M. P., Aspectos da gestão dos recursos hídricos na sub bacia do prata (bonito/PE) - estudo de qualidade da água. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. f. 113 2000.

MACHADO R. E., Simulação de escoamento e de produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento. 2002. 152p. Tese de doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ/USP.

MADARI, B. E., Fracionamento de Agregados: Procedimento para uma Estimativa Compartimentada do Seqüestro de Carbono no Solo. Embrapa Solos: Boletim de pesquisa e desenvolvimento. 22: 10 p. 2004.

MAGALHÃES, V. S., Hidroquímica e qualidade das águas superficiais e subterrâneas em áreas sob influência de lavras pegmatíticas nas bacias dos córregos Água Santa e Palmeiras, Município de Coronel Murta (MG). 2006. 109f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MAGETTE, W. L.; BRINSFIELD, R. B.; PALMER, R. E.; WOOD, J. D., Nutrient and sediment removal by vegetated filter strips. Transactions of the ASAE, 32 (2): 663-667. 1989.

MAIDMENT, D. R., GIS and hydrologic modeling. In: Goodchild, M.F.; Parks, B.O.; Steyaert, L.T.; ed. Environmental modeling with GIS. New York, Oxford University Press, Cap. 14, p. 147-167. 1993.

MCCARTNEY, E. J., Optics of the Atmosphere Scattering by Molecules and Particles, 408p. John Wiley & Sons, USA. McGraw-Hill, p.565. 1976.

MEDINILHA, A., A Degradação da Mata Ciliar e os Impactos nos Recursos Hídricos Desencadeados Pela Expansão Urbana de Rio Claro/SP no Entorno do Rio Corumbataí. São Carlos, USP, 1999.

MELLO, E. L. de; OLIVEIRA, F. A.; PRUSKI, F. F.; FIGUEIREDO, J. C., Efeito das mudanças climáticas na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio Paracatu. *Eng. Agríc.* [online]. ISSN 0100-6916. vol.28, n.4, pp. 635-644. 2008.

MILOGRANA, J., Estudo de Medidas de Controle de Cheias em Ambientes Urbanos. 120 p. Dissertação (Mestrado) - Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Brasília. Brasília, 2001.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Política Nacional da Biodiversidade (segunda versão). Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília. p. 41. 2002.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE., Programa Nacional de Florestas. Brasília, p. 49. 2000.

MOITA, R.; CUDO, K., Aspectos gerais da qualidade da água no Brasil. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO E SAÚDE NO BRASIL, 1991, Brasília. Anais... Brasília: Ministério da Saúde, Secretaria do Meio Ambiente, p.1-6. 1991.

MORING, J. R.; G. C. GARMAN; MULLEN, D. M., The value of riparian zones for protecting aquatic systems: general concerns and recent studies in Maine. Riparian Ecosystem and their Management. USDA Forest Service, Gen. Tech. Report RM-120: 315-319. 1985.

MOSCA, A. A. O., Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental para o manejo de florestas plantadas. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, SP, 2003.

MOTA, S., Introdução à engenharia ambiental. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

MUSCUTT, A. D.; HARRIS, G. L.; BAILEY, S. W.; DAVIES, D. B., Buffer Zones to improve Water Quality: a Review of their Potential Use in UK Agriculture. IN: Agriculture, Ecosystems and Environment, V. 45 p 59-77. 1993.

NAIME, R.; FAGUNDES, R.S. Controle da qualidade da água do arroio Portão, RS. Pesquisas em Geociências, Porto Alegre, vol. 32, n.1, p. 27-35, 2005.

NETO, A. O. et al., Qualidade da água e uso do solo na sub-bacia hidrográfica do Rio Poxim-Mirim-Sergipe. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 8º, , Gravatá. Anais... Gravatá: ABRH, 2006. CD-ROM. 2006.

NOBRE, P. et al., Seasonal-to-decadal predictability and prediction of South American climate. Journal of Climate, vol. 19, p. 5988-6004. 2006.

NOVO, E. M. L. M., Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. 2 ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1995.

PALTRIDGE, G. W.; PLATT, C. M. R., Radiative Process in Meteorology and Climatology. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, p. 318. 1976.

PELÁEZ-RODRÍGUEZ, M., Avaliação da qualidade da água da bacia do Alto Jacaré-Guaçu/SP (Ribeirão do Feijão e Rio do Monjolinho) através de variáveis físicas, químicas e biológicas. 2001. 147f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

PEREIRA, A. P. A.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C., Agrometeorologia: fundamentos e aplicações praticas. Guaíba (RS): Agropecuária, p. 478. 2002.

PEREIRA, L. S., Evolução espaço-temporal do uso e cobertura da terra e qualidade da água do ribeirão Piancó - Anápolis – Goiás.. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis. p. 84. 2008.

PEREIRA, V. P., Solo: manejo e controle de erosão hídrica. Jaboticabal: FCAV,. p. 56 1997

PESSOA, M. C. P. Y., LUCHIARI, A. J., FERNANDES, E. N.; LIMA, M. A., Principais modelos matemáticos e simuladores utilizados para análise de impactos ambientais das atividades agrícolas. Jaguariúna: EMBRAPA, CNPMA, 1997. 83p. (EMBRAPA. CNPMA).

PETERS, N.E; MEYBECK, M., Water quality degradation effects on freshwater availability: impacts to human activities. Water International, Urbana, v.25, n.2, p.214-21, 2000.

PHILIPS, D.L.; DOLPH, J.; MARKS, D., A comparison of geostatistical procedures for spatial analysis of precipitation in mountainous terrain. Agricultural and Forest Meteorology, v. 58, p.119-141, 1992.

PINEDA, M. D.; SCHAFER, A., Adequação de critérios e métodos de avaliação da qualidade de águas superficiais baseada no estudo ecológico do rio Gravatá, Rio Grande do Sul, Brasil. Ciência e Cultura, São Paulo, v.39, n.2, p.198-206, 1987.

PINTO, J. O. M. S.; MARTINEZ, M. S.; PASCHOALATO, C. F. P. R., Avaliação das variáveis físico-químicas e microbiológicas do córrego Bebedouro da Bacia hidrográfica do Baixo Pardo/Grande, município de Bebedouro-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23º, 2005, Campo Grande - Mato Grosso. Anais... Campo Grande: CD-ROM ABES, p. 1-7. 2005..

PISSARRA, T. C. T., Avaliação quantitativa das características geomórficas de microbacias hidrográficas da ordem de magnitude em quatro posições do sistema de drenagem. 124 f. 1998. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998.

PORTO, R. M., Orifícios - tubos curtos - vertedores. In.: *Hidráulica Básica*. (2.ed.). São Carlos: EESC - USP, cap. 12, p. 381-391. p. 519. 2001.

PRIMACK, R. C.; RODRIGUES, E., Biologia da Conservação, 3ª impressão, Londrina, Editora Vida. 2002.

PRIMAVESI, O.; FREITAS, A. R. de; PRIMAVESI, A.C.; OLIVEIRA, H. T. de. Water quality of Canchim's creek watershed in São Paulo, SP, Brazil, occupied by beef and dairy cattle activities. Brazilian Archives of Biology and Technology, Curitiba, v.45, n.2, p.209-17, 2002.

RANTZ, S. E., Measurement of stage and discharge. In: Measurement and Computation of Streamflow. Washington: Geological Survey Water-Supply paper 2175, v. 1. p. 284. 1982.

ROCHA, A. L. A.; PARRON, L. M.; CRUZ, C. J. D. Monitoramento da qualidade de água de nascentes na bacia hidrográfica do Rio Preto, sub-bacia do médio rio São Francisco. In: Simpósio Nacional Cerrado: Desafios e Estratégias para o Equilíbrio entre Sociedade, Agronegócio e Recursos Naturais, 9., 2008, Brasília. Anais... Brasília: ParlaMundi, p.6. 2008.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V., Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.6, p.133-137, 1998.

SANTOS, U.P. dos et AL., Diagnostico ambiental da bacia hidrográfica da baía de Sepetiba. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro- UFRJ, EMBRAPA, CD-ROM. 1996.

SCHLOSSER, I.J. & KARR, J.R., Water quality in agricultural watersheds: impact of riparian vegetation during base flow. Water Resources Bulletin, 17 (2): 233-240. 1981.

SENTELHAS, P. C. , PEREIRA, A. R., ANGELOCCI, L. R., Meteorologia Agrícola. Piracicaba-SP. Universidade de São Paulo. Departamento de Ciências Exatas, fevereiro, p 46-70. 1999.

SHIMOMICHI, P. Y. et al., Correlação entre métodos de cálculo de precipitação média mensal em bacia hidrográfica experimental. Boletim Técnico do Instituto Florestal de São Paulo, v.41, n.1, p.1-26, 1987.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E. ; CAMARGO, P. B., Erosão e Hidrossedimentologia em bacias Hidrográficas..São Carlos: Rima, 2004.

SILVA, F. J. A. S.; ALMEIDA, M. M. M.; SILVA, A. E. L., Comparação da qualidade de águas das Bacias cearenses. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 7º, 2004, São Luiz - Maranhão. Anais... São Luiz: ABRH, CD-ROM. 2004.

SILVA, G. C.; BARROSO, S. L.; BRINGEL, J. M. M., Avaliação físico-química da água utilizada para irrigação em pequenas propriedades agrícolas de Paço do Lumiar / MA. In: Congresso Brasileiro de Agroecologia. Revista Brasileira de Agroecologia, Porto Alegre, v.2, n.1, p. 765-768, 2007.

SILVA, M. C. L., Avaliação de processos biológicos na melhoria da qualidade hídrica do canal Derby-Tacaruna.. Dissertação 122f. 2004. (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2004.

SIMONASSI, J. C. Caracterização da Lagoa do Peri, através da análise de parâmetros físico-químicos e biológicos, como subsídio ao gerenciamento dos recursos hídricos da Ilha de Santa Satarina, SC, Brasil. 72f. 2001Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis..

SOPPER, W. E., Effects of Timber Harvesting and Related Management Practices on Water Quality in Forested Watersheds. *Journal of Environmental Quality* 4(1): 24-29. 1975

SOUZA, A. D. G. de; TUNDISI, J. G., Hidrogeochemical comparative study of the Jaú and Jacaré-Guaçu river watersheds, São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, Rio de Janeiro, v.60, n.4, p.563-70, 2000.

SPERLING, M., Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2. ed. Local: UFMG, p.243. 1996.

SPIN, A. W., O Jardim de Granito: A Natureza no Desenho da Cidade. Tradução de Paulo Renato Mesquita Pellegrino. 1ª ed. São Paulo - SP, Editora da Universidade Federal de São Paulo. 1995.

STEYAERT, L.T. A perspective on the state of environmental simulation modeling. In: Goodchild, M.F.; Parks, B.O.; Steyaert, L.T.; ed. *Environmental modeling with GIS*. New York, Oxford University Press, Cap. 3, p. 16-30. 1993.

SUDENE., il. (Brasil SUDENE. Hidrogeologia, 54). p.184. 1978.

SUDENE., Inventário hidrogeológico básico do Nordeste, Folha no 21, Recife – NO. Recife.

SUGIMOTO, S.; NAKAMURA, F.; ITO, A., Heat budget and statistical analysis of the relationship between stream temperature and riparian forest in the Toikanbetsu river basin, Northern Japan. *Journal of forest research*, v.2, n.2, p.103-107, 1997.

SWIFT JR, L. W.; MESSER, J. B., Forest cuttings raise temperatures of small streams in the southern Appalachians. *Journal of soil and water conservation*, v.26, n.3, p. 111-117, 1971.

SWIFT JR, L.W.; MESSER, J.B., Forest cuttings raise temperatures of small streams in the southern with Automatic Removal of Spurious Pits. *Journal of Hydrology* 106, 211-232. 1989.

THORNTON, C. W. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.*, v.38, p.55-94, 1948.

THORNTON, C. W.; MATHER, J. R., The water balance. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, Publications in Climatology, vol. 8, n.1. p.104. 1955.

TUCCI, C. E. M. et al., Drenagem Urbana. 1ª ed. Porto Alegre - RS, Editora da UFRGS, p.428 1995.

TUCCI, C. E. M. & CLARKE, R. T., Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 2. No. 1. p.135-152. 1997.

TUCCI, C. E. M., Coeficiente de escoamento e vazão máxima das bacias urbanas. Porto Alegre: Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.5, n.1, p.61-68, jan/mar, 2000.

TUCCI, C. E. M., Drenagem Urbana. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.

TUCCI, C. E. M., Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção. Revista Brasileira de Recursos Hídricos- RBRH, v. 2, n 2, p. 5 – 12, Jul/Dez, 1997.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T., Impactos das Mudanças da Cobertura no Escoamento. Anais do I - Fórum Geo-Bio Hidrologia. Instituto de Pesquisa Hidráulica – IPH – UFRGS, Curitiba – PR, 1998.

TUCCI, C. E. M., Hidrologia: Ciência e aplicação. Porto Alegre, ABRH-EDUSP, p. 944, 2007.

TUNDISI, J. G., Limnologia do século XXI: perspectivas e desafios. São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, IIE, p. 24 1999.

VAZHEMIN, I.G. Chemical composition of natural waters in the VYG river basin in relation to the soil of Central Karelia. Soviet Soil Science, Silver Spring, v.4, n.1, p.90-101, 1972.

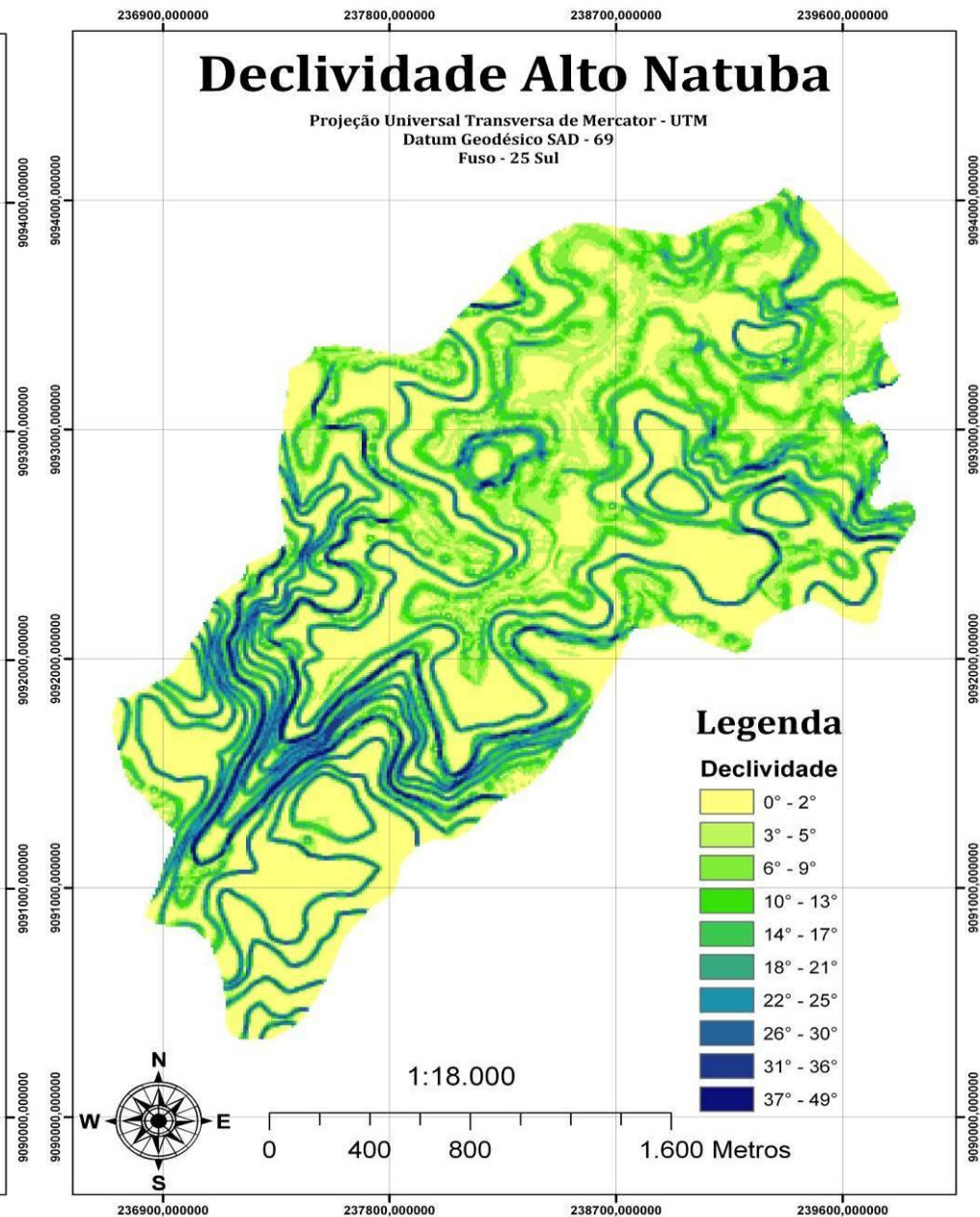
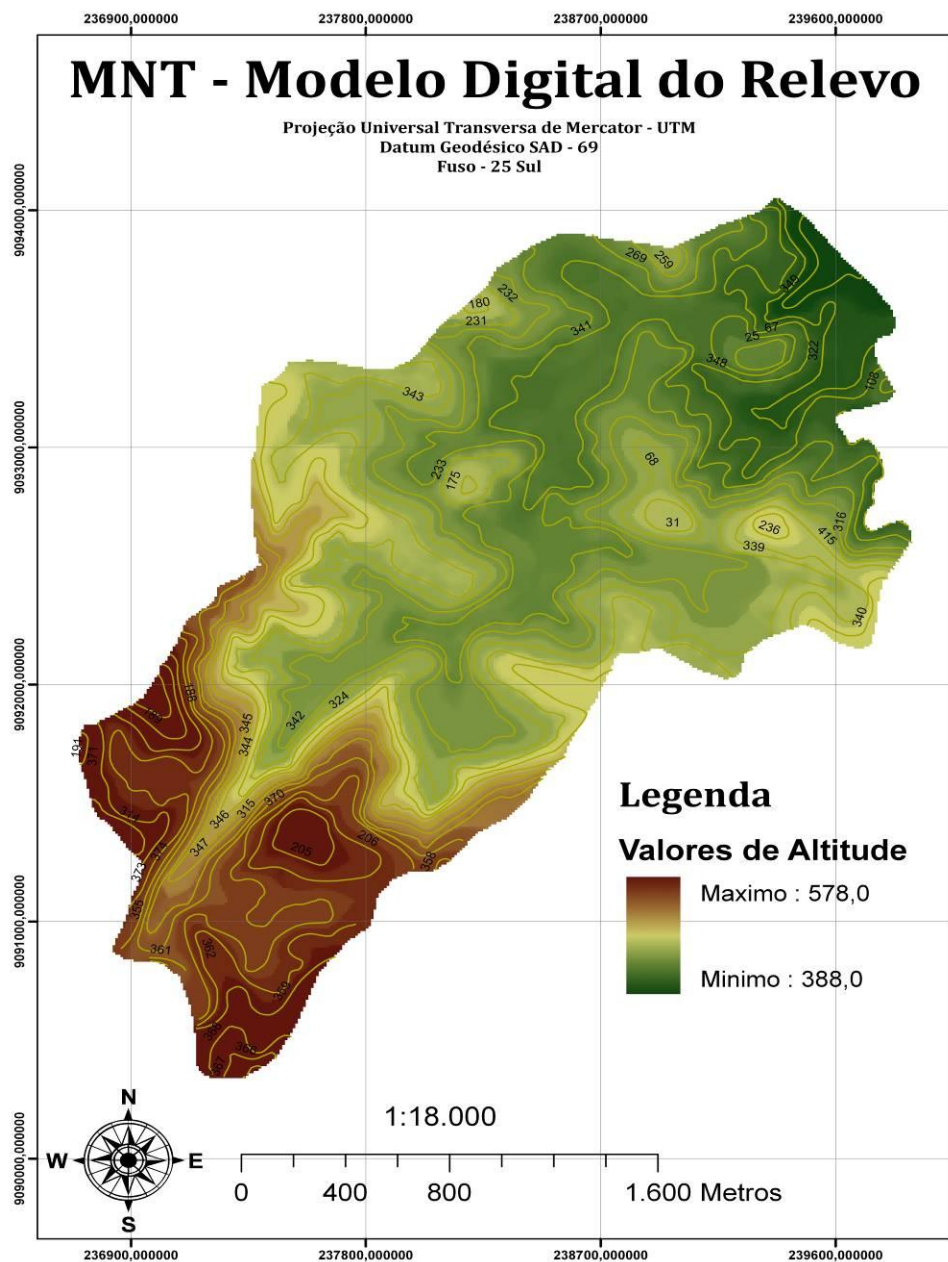
VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 245p. 1975.

WILKEN, P. S., Engenharia de drenagem superficial. São Paulo: CETESB 1978, 477p

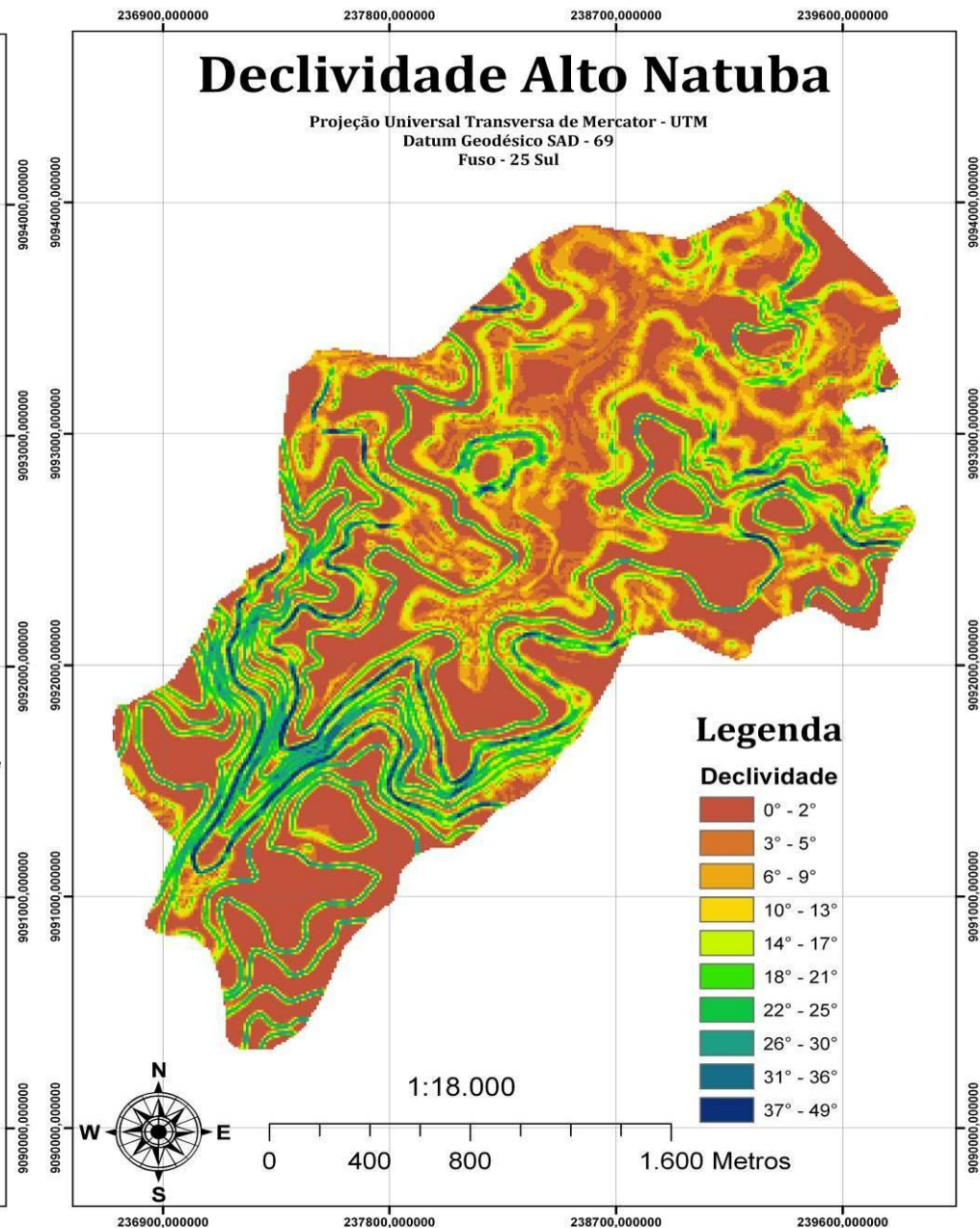
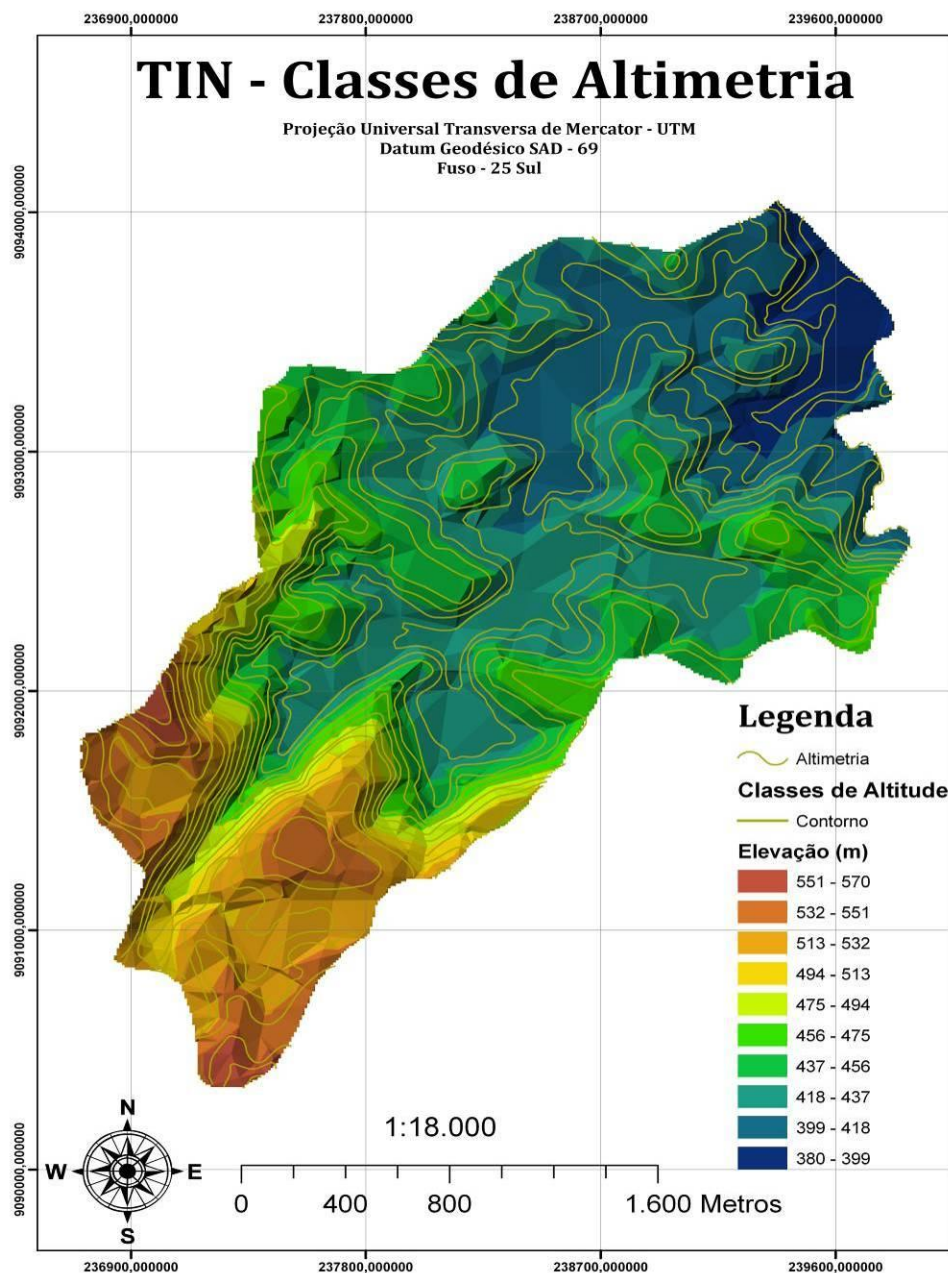
Apêndices

Apêndice 1 Dados de altimetria de 10 em 10 metros, estabelecendo a distribuição das áreas proporcionais por faixa de elevação.

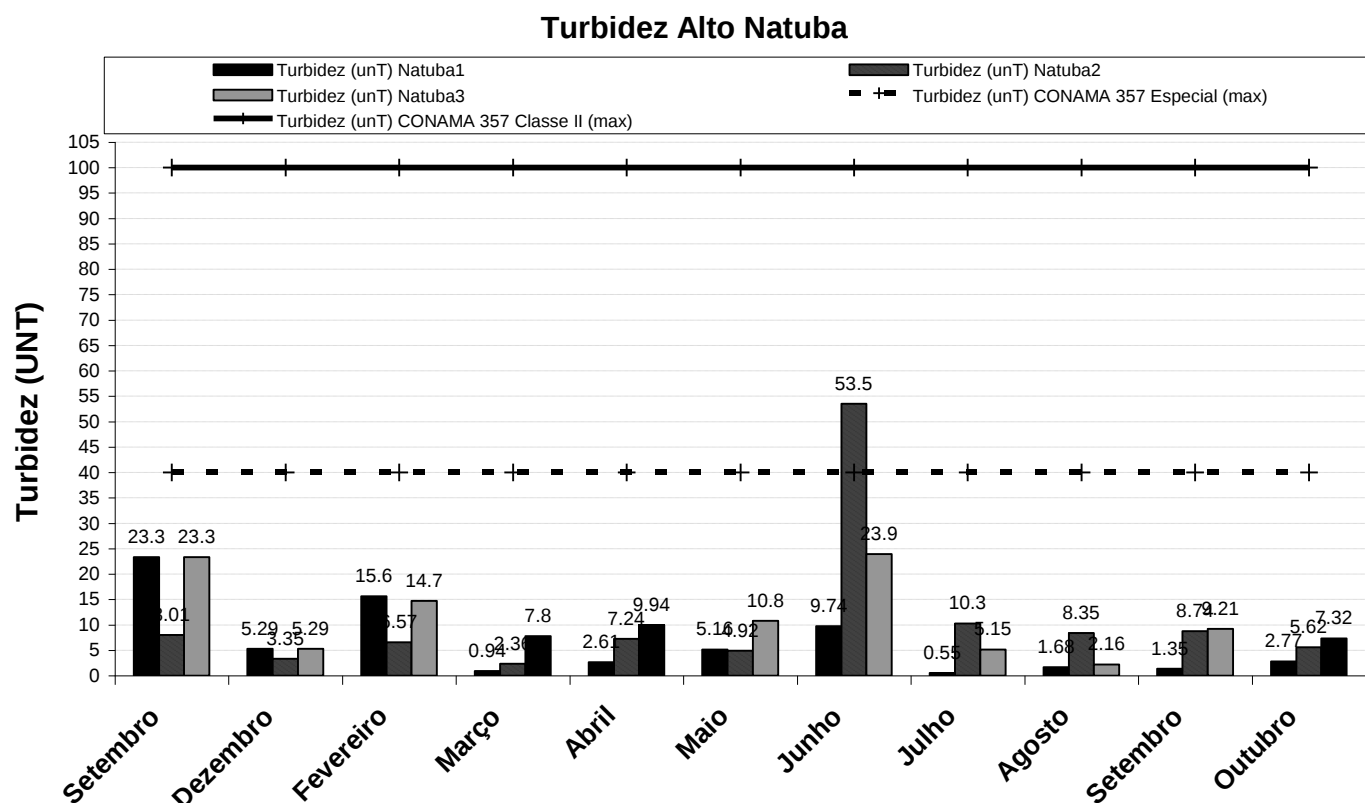
Cota (m/m)	Ponto médio (m)	Área (km²)	Área acumulada (Km²)	(%)	Acumulada	Elevação Média
568 - 578	573	0.08	0.08	1.34	1.34	2284.76
558 - 568	563	0.31	0.38	5.36	6.70	6331.56
548 - 558	553	0.65	1.03	11.35	18.04	7248.22
538 - 548	543	0.76	1.79	13.23	31.27	7196.67
528 - 538	533	0.76	2.55	13.38	44.65	5562.45
518 - 528	523	0.60	3.15	10.53	55.18	5207.63
508 - 518	513	0.57	3.73	10.05	65.24	2321.38
498 - 508	503	0.26	3.99	4.57	69.81	1241.91
488 - 498	493	0.14	4.13	2.49	72.30	1108.38
478 - 488	483	0.13	4.26	2.27	74.57	1156.78
468 - 478	473	0.14	4.40	2.42	76.99	1195.42
458 - 468	463	0.15	4.54	2.55	79.55	1672.24
448 - 458	453	0.21	4.75	3.65	83.20	2475.62
438 - 448	443	0.32	5.07	5.53	88.72	2384.74
428 - 438	433	0.31	5.38	5.44	94.17	1551.91
418 - 428	423	0.21	5.58	3.63	97.79	659.28
408 - 418	413	0.09	5.67	1.58	99.37	237.39
398 - 408	403	0.03	5.71	0.58	99.95	19.07
388 - 398	393	0.00	5.71	0.05	100.00	498.55



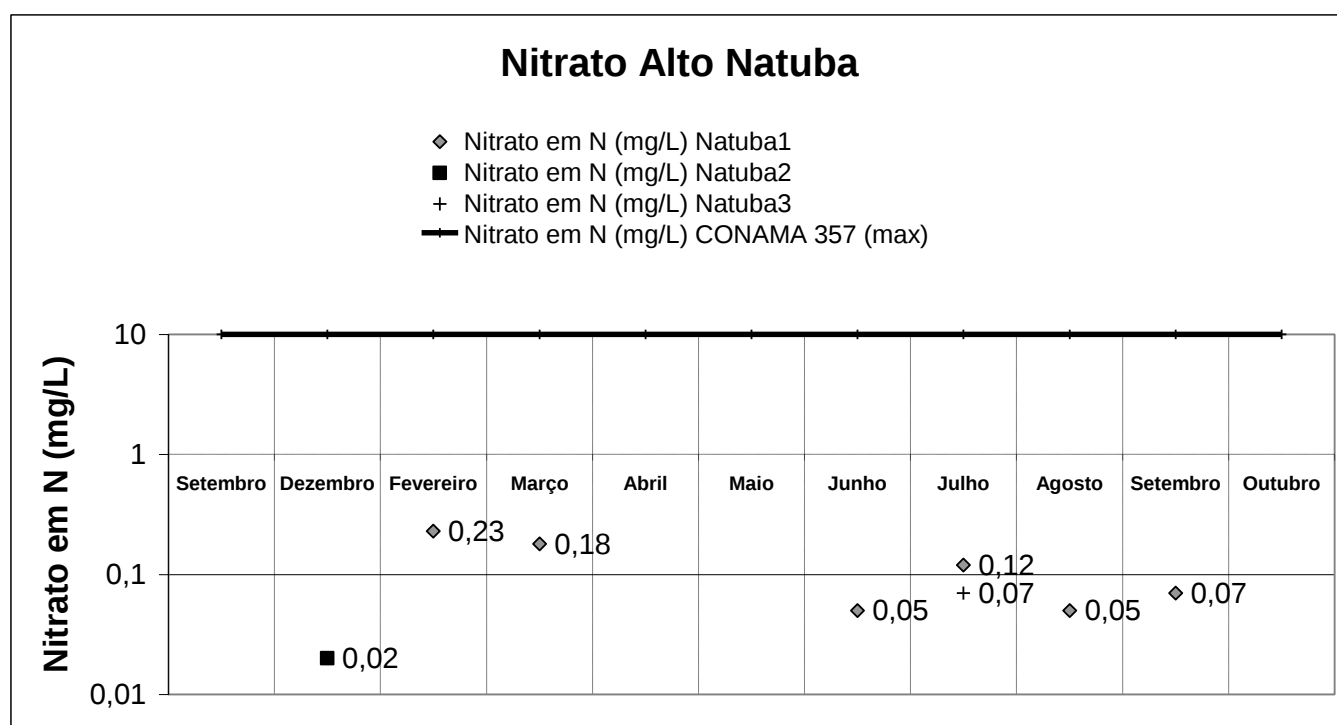
Apêndice 2 Sequência de mapas auto-explicativos, demonstrando o perfil da variação de elevação e conseqüentemente da declividade na sub bacia do Natuba. Pelo fato do modelo usar como referência as curvas de nível não realizou-se tais estudos para as microbacias pela perda extrema de resolução, ocasionando pouca clareza e precisão.



Apêndice 3 Sequência de mapas auto-explicativos, demonstrando o perfil da Hipsometria através do modelo TIN e da declividade na sub bacia do Natuba. Pelo fato do modelo usar como referência as curvas de nível não realizou-se tais estudos para as microbacias pela perda extrema de resolução, ocasionando pouca clareza e precisão.

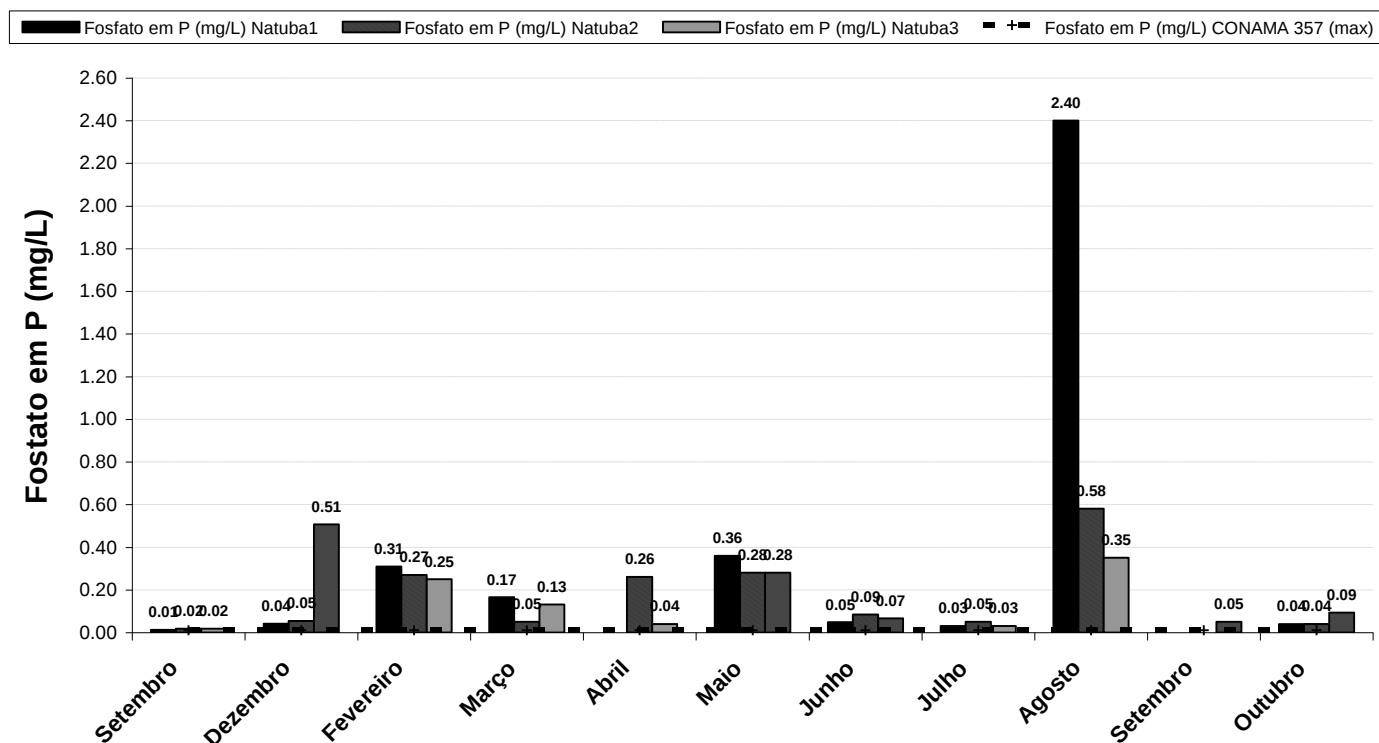


Apêndice 4 Distribuição dos valores correspondentes as amostras de Turbidez nas microbacias do alto Natuba nos meses de setembro de 2009 a outubro de 2010, comparando aos valores referenciais, para classe especial e classe II, recomendados pelo CONAMA 357/ 2005.



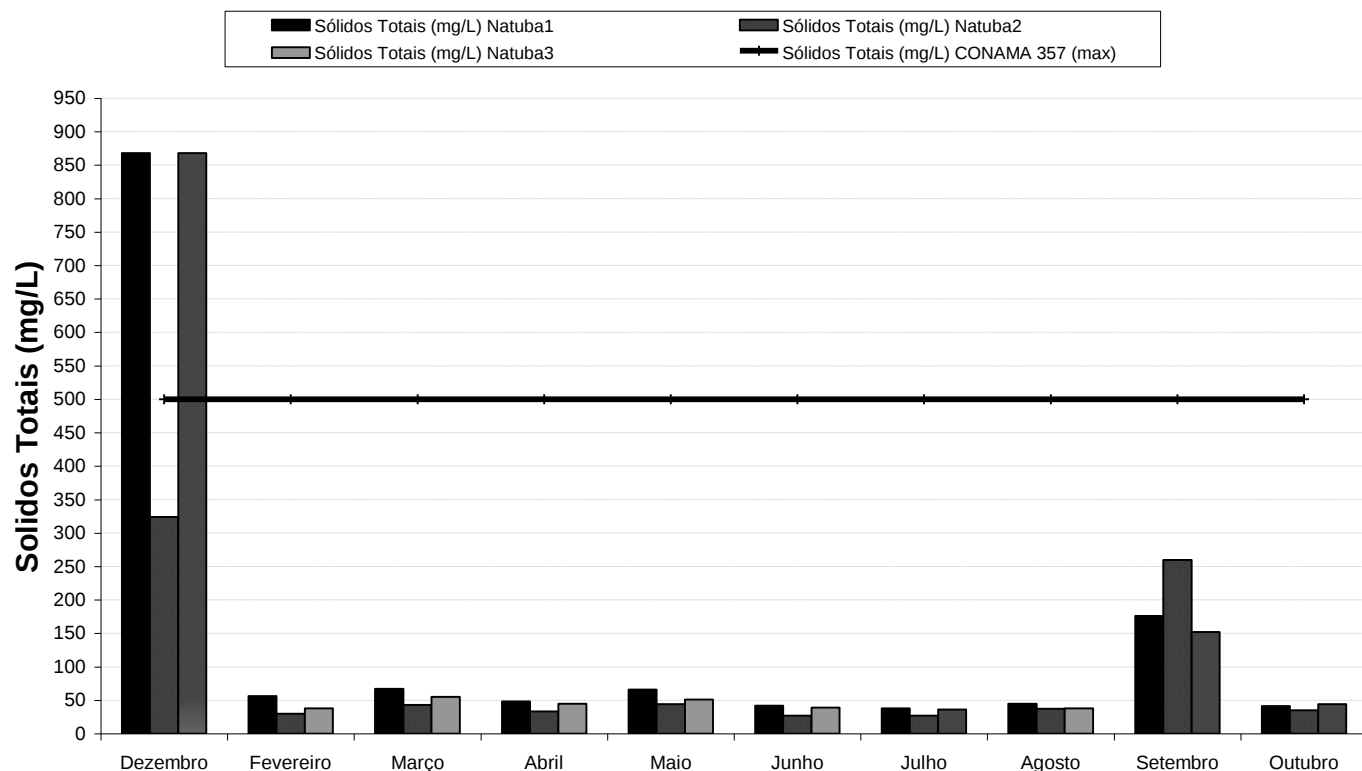
Apêndice 5 Distribuição dos valores correspondentes as amostras de Nitrato nas microbacias do alto Natuba nos meses de setembro de 2009 à outubro de 2010. O valor de referência do CONAMA 357/ 2005 é de 10 mg/L para o valor máximo permitido.

Fosfato Alto Natuba



Apêndice 6 Distribuição dos valores correspondentes as amostras de Fosfato nas microbacias do alto Natuba nos meses de setembro de 2009 a outubro de 2010, comparando ao valor referencial máximo recomendado pelo CONAMA 357/ 2005.

Sólidos Totais Alto Natuba



Apêndice 7 Distribuição dos valores correspondentes as amostras de Sólidos Totais nas microbacias do alto Natuba nos meses de dezembro de 2009 à outubro de 2010, comparando ao valor referencial máximo recomendado pelo CONAMA 357/ 2005.

