



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL
CENTRO DE TECNOLOGIA – CTEC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS
HÍDRICOS E SANEAMENTO – PPGRHS**



MILENA CARAMORI BORGES DE SOUZA

**INFLUÊNCIA DA MATA CILIAR NA QUALIDADE DA ÁGUA DE TRECHO
DO RIO JACARECICA – MACEIÓ/AL**

Maceió

2012

MILENA CARAMORI BORGES DE SOUZA

INFLUÊNCIA DA MATA CILIAR NA QUALIDADE DA ÁGUA DE TRECHO
DO RIO JACARECICA – MACEIÓ/AL

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento.

Orientadora: Cleuda Custódio Freire

Co-Orientadora: Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira

Maceió

2012

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária Responsável: Fabiana Camargo dos Santos

S729i Souza, Milena Caramori Borges de.
Influência da mata ciliar na qualidade da água de trecho do rio Jacarecica –
Maceió/AL / Milena Caramori Borges de Souza. – 2012.
195 f. : il.

Orientadora: Cleuda Custódio Freire.
Co-orientadora: Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira.
Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade
Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2012.

Bibliografia: f. 177-188.
Apêndice: f. 189-195.

1. Água – Qualidade. 2. Mata ciliar – Manutenção de recursos hídricos. 3. Rio
Jacarecica. I. Título.

CDU: 62:556.531



INFLUÊNCIA DA MATA CILIAR NA QUALIDADE DA ÁGUA DE TRECHO DO RIO
JACARECICA

MILENA CARAMORI BORGES DE SOUZA

Dissertação submetida à banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento da Universidade Federal de Alagoas e aprovada no dia 06 de dezembro do ano de 2012.

Banca Examinadora:

Prof^ª. Dr^ª. Cleuda Custódio Freire
(Orientadora/PPGRHS/ UFAL)

Prof^ª. Dr^ª. Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira
(Coorientadora/PPGRHS/UFAL)

PPG-RHS/CTEC/UFAL

Prof^ª. Dr^ª. Karina Ribeiro Salomon
(PPGRHS/UFAL)

Prof. Dr. Nivaldo Eduardo Rizzi
(UFPR)

Dedico este trabalho a todas as mulheres
que não abdicaram do direito de ser mãe
e que, apesar de todas as limitações
maternas, foram capazes de desdobrar o
tempo e se transformar em muitas para
conseguir ir além de cuidar de seus filhos
e amá-los.

Dedico este trabalho, em especial, aos
meus pais Suzana e Edson

E aos meus filhos, meus melhores
professores, minha alegria e razão de
viver:

Pedro Paulo, Lucas Danylo e João Davi.

E ao meu companheiro, Anderson Danylo,
por compartilhar a graça de viver e
aprender por eles.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que estiveram conectadas ao meu mundo e que, certamente, contribuíram de uma forma ou de outra para o meu crescimento pessoal e/ou profissional. Não é possível citar o nome de todas essas pessoas, mas há algumas que não poderia deixar de citar:

À Cleuda, minha orientadora, pela orientação e pelos ensinamentos, por permitir o desenvolvimento deste trabalho da melhor forma possível, contribuindo grandemente ao meu crescimento pessoal e profissional.

À Ivete, minha co-orientadora, pela paciência e pelo auxílio imprescindível na interpretação dos resultados laboratoriais.

Ao meu irmão, professor e amigo Vladimir e à minha querida cunhada Nélia, pelos conselhos e orientações informais.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento (PPGRHS) do Centro de Tecnologia (CTEC) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) por disponibilizarem informações preciosas para a minha formação.

À Geisa e Alberonaldo, pela prestatividade, sempre com um sorriso alegre no rosto.

À Simone, pela ajuda nas coletas.

Aos colegas de curso, que estiveram presentes aprendendo e sofrendo junto, sempre lembrando que “isto é mestrado”, frase dita pelo nosso querido professor Valmir. São eles: Flor, Valdir (extensivo à Shirley, Pedro e Laurinha), Marcelle, Eliana, Walber, Madalena, Danylo.

Em especial: à Flor, pelos auxílios em laboratório, e ao Samuellson, companheiro de coletas bem humorado, com sol ou chuva ou outros problemas inesperados... pneu furado, equipamento quebrado... E ao Valdir, pelas discussões enriquecedoras.

Ao Danylo, colega-namorado-marido-amigo-amor, pelo companheirismo e paciência e pela alegria que trouxe à minha vida e do Pedro e pelos presentes Lucas e João Davi.

Ao Pedro, Lucas e João Davi por existirem. Em especial ao Pedro, meu filho querido, que acompanhou todo mestrado, sendo companhia diária nos momentos de trabalho e de descanso.

Aos meus irmãos, Míriam, Vlade, Saulo e Edinho, que mesmo à distância sempre deram apoio financeiro e emocional nos momentos de necessidade. Em especial à Míriam, por ser mais que uma irmã, mas uma mãe em diversos momentos da minha vida. Aos meus cunhados (as), especialmente ao Alexandre, por ser mais que um cunhado, mas um pai em diversos momentos.

Aos meus sobrinhos, Marina, Daniel, Ivo, Sofia, Luíza, Laura e Felipe a quem não poderia deixar de prestigiar, em qualquer oportunidade, com um agradecimento pela existência.

Aos meus pais, Suzana e Edson, pelo prazer e a alegria de gostar de aprender e por tudo o mais que, se escrito, teria mais páginas que essa dissertação.

Ao Sr. Fernando, à Valnice, ao Ecoparque e ao Residencial do Valle, que permitiram o acesso ao rio Jacarecica, sem restrições.

À CAPES e à FAPEAL pela concessão da Bolsa de Estudos.

Ao Projeto ASUB pelo apoio financeiro.

Ao Laboratório de Saneamento Ambiental e ao Laboratório de Hidráulica da UFAL.

Ao PPGRHS e à UFAL pelo total apoio dado ao longo do curso.

*Embora seja possível distinguir
as partes de qualquer sistema vivo,
a natureza do todo é sempre diferente
da simples soma de suas partes.*

(Fritjof Capra)

*Tudo e todos são como fios que se conectam.
O bem que praticamos em nosso pequeno mundo
tem reflexo em todo o universo.*

(Ana Cândida Zanesco)

RESUMO

A expansão urbana desordenada é um dos principais fatores de degradação dos recursos hídricos. Essa degradação é iniciada com a retirada da cobertura florestal e a ocupação do solo, seguidas de lançamento de esgoto nos rios. As matas ciliares, consideradas APPs (Áreas de Preservação Permanente), funcionam como sumidouro de poluentes, como filtros, e regulam a temperatura da água. Pela sua funcionalidade, ao contribuir para a melhoria da qualidade da água, as matas ciliares são, atualmente, uma das *BMPs (Best Management Practice)* ou Melhores Práticas de Gestão dos Recursos Hídricos. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo estudar a influência da mata ciliar em trecho do rio Jacarecica, localizado em área de franca expansão urbana de Maceió. Este estudo foi feito através da obtenção de dados de precipitação, vazão e de parâmetros de qualidade em período seco e chuvoso, manhã e tarde, para comparação de trechos de rio com presença e com ausência de mata ciliar. Por se tratar de uma bacia com grande interferência urbana, a maior parte dos dados obtidos apresentou baixa correlação. Porém, através do resultado de alguns parâmetros, foi possível verificar influência positiva da mata ciliar sobre a qualidade da água, como o amortecimento, em ocasião de chuva, de picos de temperatura, sólidos sedimentáveis, cor, turbidez e coliformes. Os demais parâmetros (ferro, fósforo, nitrito, nitrato, amônia, pH, condutividade, STD, OD e DBO) não mostraram variações satisfatórias para comparação e supõe-se que isto aconteceu devido a lançamentos difusos de efluentes, com frequência e qualidade indeterminada.

Palavras-chave: Qualidade de água. Mata ciliar. Rio Jacarecica.

ABSTRACT

The disorderly urban growing up is one of main causes of water resources degradation. This degradation is started with cutting of Forest cover and land occupation and then putting wastewater in rivers. The riparian forests are looking like APPs (Permanent Preservation Areas). It's because riparian forests work like filters, fading pollutants, and making the regulation of water temperature. Because of this functionality, contributing to water quality improvement, the riparian forests are, actually one of BMPs (Best Management Practice) to water resources. In this time, this work had a finality to study the riparian forests influences in stretch of Jacarecica River, placed in urban growing up land of Maceió. This study was result through getting datas of precipitation, flows in river and quality parameters in dry time and rainy time, in the morning and in the afternoon, to make the results in stretch with riparian forests and without riparian forests. Because this basin have high urban interference, the most part of obtained datas looked low correlation. Despite of this, with the results of some parameters was possible look positives riparian forests influences about water quality, like damping, in the rain, of temperature outliers. The same was looking with other parameters, like settleable solids, apparent color, turbidity and coliforms. The others (Fe, P, nitrite, nitrate, ammonia, pH, conductivity, STD, OD e DBO) didn't show satisfactory datas to make comparison. Is though that this happened because diffuses effluents puttings, with undetermined frequency and quality.

Keywords: Water quality. Riparian forest. Jacarecica river.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Escala de tempo: da existência da Terra à existência humana e descoberta do fogo	21
Figura 2 – População Total Recenseada no Brasil 1872-2000	22
Figura 3 – População residente, por situação do domicílio – Brasil – 1940/2000	25
Figura 4 – População rural e urbana de Alagoas nos anos de (a) 1960 e (b) 2000 ..	26
Figura 5 – População em Maceió nos anos de 1900 e 2010	26
Figura 6 – Balanço quali-quantitativo na UPHs brasileiras.....	29
Figura 7 – caminhos da água precipitada na superfície do solo.....	30
Figura 8 – caminhos da água precipitada que infiltra no solo.....	31
Figura 9 – Desenho esquemático de uma bacia hidrográfica	32
Figura 10 – Tempo de residência da água em bacias hidrográficas	33
Figura 11 – Alteração no tempo de residência da água precipitada em função da alteração das taxas de infiltração, decorrentes da redução da área florestada ..	34
Figura 12 – Estrutura foliar de diferentes espécies florestais	36
Figura 13 – Perfil de solo	37
Figura 14 – Combinação entre as faixas recomendadas pela CRJC (2003) e os resultados obtidos nos estudos de diversos autores.....	55
Figura 15 – Larguras ideais para as funções das zonas ripárias	55
Figura 16 – Bacia hidrográfica do Jacarecica inserida na Região Hidrográfica do Pratagy.....	75
Figura 17 - Pontos de coleta de amostras de água. (a) P1 e (b) P2 áreas com maior degradação da mata ciliar; (c) P3 e (d) P4 áreas com maior integridade da mata ciliar.....	78
Figura 18 – Localização dos pontos de amostragem na bacia do Jacarecica.	79
Figura 19 - Distâncias entre os pontos de amostragem no rio Jacarecica	79
Figura 20 – Localização da bacia do Tabuleiro em relação ao rio Jacarecica	80
Figura 21 – Localização dos Postos de coleta de dados pluviométricos em relação à bacia do Jacarecica	81
Figura 22 - Medição de Vazão com Molinete Fluviométrico.....	82
Figura 23 – Perfil do <i>software</i> VANE, desenvolvido por Fragoso Júnior et al. (2003)	83
Figura 24 – Primeira etapa da inserção de dados para obtenção de vazão (com uso do <i>software</i> VANE, desenvolvido por Fragoso Júnior et al. (2003)	84
Figura 25 – Segunda etapa da inserção de dados para obtenção de vazão (com uso do <i>software</i> VANE, desenvolvido por Fragoso Júnior et al. (2003)	85
Figura 26 - (a) Seladora, (b) cartela de colilert com amostra de água após 24 horas na incubadora a 37°C e (c) lâmpada fluorescente para visualização de água contaminada com <i>E. coli</i>	87
Figura 27 – Espectrofotômetro QUIMIS Q-108U2M.....	87
Figura 28 – (a) Destilador de nitrogênio amoniacal e (b) conjunto bureta-agitador para titulação.....	88
Figura 29 – Amostras de água para análise de N-amoniacal após serem destiladas, prontas para serem tituladas com H ₂ SO ₄	88
Figura 30 – Amostras em processo de análise de nitrito.....	88
Figura 31 – (a) Amostras de água em processo de análise de ferro e (b) fósforo.....	89
Figura 32 – Cones de sedimentação.....	89
Figura 33 – (a) Dessecador e (b) Balança para pesagem das cápsulas de porcelana.	89
Figura 34 – Esquema explicativo do diagrama dos 5 números ou <i>boxplot</i>	92

Figura 35 – Localização da bacia do Jacarecica na cidade de Maceió.....	95
Figura 36 – Trecho principal do Rio Jacarecica	96
Figura 37 – Principais nascentes do Rio Jacarecica	96
Figura 38 – Elevação da bacia do rio Jacarecica (destaque) e seu entorno.	97
Figura 39 - Distribuição dos bairros ao longo da bacia do rio Jacarecica.	98
Figura 40 – Precipitação média mensal no Posto Tabuleiro (a) e no Posto Jacarecica (b).....	99
Figura 41 – Floresta em estágio médio de regeneração	100
Figura 42 – Vegetação remanescente em estágio inicial e médio de regeneração	100
Figura 43 – Classificação pedológica dos solos da bacia do rio Jacarecica.	101
Figura 44 - Mapa de uso e cobertura da terra da bacia do rio Jacarecica.	104
Figura 45 – APPs da bacia do Jacarecica.....	105
Figura 46 – Área de APPs na bacia do rio Jacarecica	106
Figura 47 - Diagrama da ocupação em percentual das APPs na bacia do rio Jacarecica.	107
Figura 48 – Nascentes do rio Jacarecica com presença de mata ciliar em estágio inicial a médio de regeneração (a e b)	107
Figura 49 - Nascentes do rio Jacarecica sem mata ciliar com presença de gramíneas (a) e descoberta (b).....	108
Figura 50 – Escada para drenagem de água pluvial vista ao longe (a); a mesma observada nas proximidades de uma das nascentes do rio Jacarecica (b).	108
Figura 51 - Mapa da ocupação urbana das APPs da bacia do rio Jacarecica	109
Figura 52 – Áreas ciliares protegidas com base do Código Florestal (Lei 4.771/1965) e no Estatuto das Cidades (Lei 10.257/2001)	109
Figura 53 – Trecho do rio Jacarecica correspondente à região ciliar de maior degradação.	110
Figura 54 – Saída da água drenada da macrodrenagem do Tabuleiro em 10/10/2010	110
Figura 55 – Voçoroca provocada pela retirada de vegetação nas proximidades do Loteamento do bairro Benedito Bentes	112
Figura 56 – Ocupação residencial em encostas. Data das fotografias: (a) abril/2010 (b) outubro/2010.....	112
Figura 57 – Coleta de lixo e instalações elétricas em APPs de encostas nas proximidades da saída da macrodrenagem do Tabuleiro, bairro Benedito Bentes (06/07/10) (a) e esgoto lançado nos canais de drenagem no mesmo bairro (02/11/2010) (b)	114
Figura 58 – Ocupação e voçoroca em área de extração de argila em APP com declive acima de 45° na bacia do Jacarecica, no bairro Serraria.....	115
Figura 59 – Ocupação de áreas ciliares nas proximidades da foz	115
Figura 60 – Trecho do rio Jacarecica próximo à Foz e a rodovia AL-101	116
Figura 61 – Lixo depositado nas margens do rio Jacarecica e/ou carreado pelas águas das chuvas (a) e lixo no rio Jacarecica (b) (fotografados em 02/09/2010)	118
Figura 62 - Presença de macrófitas na lagoa de retenção da macrodrenagem (lagoa 1) (a) e na água do rio Jacarecica em ponto próximo à saída das águas drenadas da bacia do Tabuleiro (b)	119
Figura 63 – Pocilga que lança esgoto diretamente no rio Jacarecica, nas proximidades da saída da macrodrenagem (a); animal bebendo água nas proximidades deste local (10/10/2010) (b)	119

Figura 64 - Recreação no rio Jacarecica (ponto P1 em 17/06/10 (a) e draga em operação (18/06/10) (b).....	120
Figura 65 - Aplicação de herbicida nas margens do rio Jacarecica (02/11/2010) (a) e o mesmo homem pescando camarão nas proximidades da foz do rio Jacarecica (02/09/2010) (b)	120
Figura 66 – Precipitação acumulada mensal em 2010 no Posto Jacarecica (SEMARH) (a) e no Posto Tabuleiro (b).....	121
Figura 67 – Precipitação antecedente de 1 dia (a) e nas datas de coleta (b) no Posto Tabuleiro do INMET e no Posto Jacarecica, da SEMARH.....	122
Figura 68 – Vazões instantâneas médias diárias no rio Jacarecica	125
Figura 69 – Diagrama com valores dos parâmetros físicos em período seco e chuvoso, nos 4 pontos de coleta.....	130
Figura 70 – Temperatura da água no período da manhã (a) e da tarde (b)	131
Figura 71 – Amplitudes diárias de temperatura da água para os pontos analisados	132
Figura 72 – Temperatura média diária dos pontos sem mata ciliar (P1 e P2) e com mata ciliar (P3 e P4) ao longo de todo o período de análise.....	133
Figura 73 – Turbidez (a) manhã e (b) tarde	134
Figura 74 – Valores médios diários de turbidez em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise.....	135
Figura 75 – Correlação entre cor e turbidez para todo o período analisado	136
Figura 76 – Cor aparente (a) manhã e (b) tarde em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise.....	137
Figura 77 - Variação da cor da água em amostras coletadas antes e depois da chuva para o mesmo dia (26/10/10)	138
Figura 78 – Ponto 4: (a) 7h40min em 20/09/10 (b) 7h20min em 10/11/10 (c) 8h em 10/11/10	138
Figura 79 – Valores médios diários de cor aparente em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise.....	139
Figura 80 – Sólidos sedimentáveis (a) manhã e (b) tarde.....	141
Figura 81 – Valores médios diários de sólidos sedimentáveis em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise.....	141
Figura 82 – (a) Perfil do rio Jacarecica em P4 no início e (b) no final do período de coletas.....	142
Figura 83 – Perfil do rio Jacarecica em P1 no início e (b) no final do período de coletas.....	143
Figura 84 – Sólidos totais dissolvidos (a) manhã e (b) tarde.....	144
Figura 85 – Valores médios diários de Sólidos Dissolvidos Totais (STD) em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise	145
Figura 86 – Condutividade manhã (a) e (b) tarde.....	145
Figura 87 – Valores médios diários de condutividade em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise	146
Figura 88 – Diagrama dos 5 números para os parâmetros químicos.....	148
Figura 89 – Potencial Hidrogeniônico (a) manhã e (b) tarde.....	150
Figura 90 – Valores médios diários de pH em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise.....	151
Figura 91 - Ferro (a) manhã e (b) tarde.....	152
Figura 92 – Valores médios diários de ferro em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise.....	152
Figura 93 – Variação das concentrações de Nitrogênio (a) manhã e (b) tarde	153

Figura 94 – Valores médios diários de N-amoniaco em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise.....	155
Figura 95 – Valores médios diários de nitrito em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise.....	156
Figura 96 – Valores médios diários de nitrato em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise.....	157
Figura 97 – Fósforo Total (a) manhã e (b) tarde	158
Figura 98 – Água drenada do Tabuleiro para o rio Jacarecica pela observação de espuma na saída da macrodrenagem em 26/10/10 (a) e amostras de água em análise, na mesma data, no laboratório: branco, saída da macrodrenagem, P1, P2 P3 e P4 (b).....	159
Figura 99 – Valores médios diários de fósforo total em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise.....	159
Figura 100 – Oxigênio Dissolvido (a) manhã e (b) tarde	160
Figura 101 – Vista da seção do rio Jacarecica em P1 no início (a e b) e no final do período de coletas (c e d).....	162
Figura 102 – Valores médios diários de OD em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise.....	163
Figura 103 – Demanda Bioquímica de Oxigênio (a) manhã e (b) tarde	163
Figura 104 – Valores médios diários de DBO em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise.....	165
Figura 105 - Diagrama dos 5 números para os dados dos parâmetros biológicos..	167
Figura 106 – Coliformes totais (a) manhã e (b) tarde (escala logarítmica).....	168
Figura 107 – Valores médios diários de coliformes totais	168
Figura 108 – <i>E. coli</i> (a) manhã e (b) tarde (escala logarítmica).....	169
Figura 109 – Média dos valores das medianas dos períodos seco e chuvoso para coliformes totais	169
Figura 110 – Valores médios diários de <i>E. coli</i>	170
Figura 111 – Usos atuais da bacia do Jacarecica	173

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Área de vegetação remanescente dos biomas brasileiros	24
Tabela 2 – Resumo da análise de criticidade dos trechos de rio	28
Tabela 3 – Relação entre cobertura florestal escoamento superficial	40
Tabela 4 – Nutrientes essenciais absorvidos no solo pelas plantas e espécies químicas preferencialmente absorvidas	46
Tabela 5 – estimativa de variação percentual da assimilação dos principais nutrientes pelas plantas em função do pH do solo.....	47
Tabela 6 – Terminologias utilizadas para a definição das áreas de preservação permanente localizadas ao longo de corpos hídricos	50
Tabela 7 – Relação entre benefício da zona ripária e o tipo de vegetação predominante	52
Tabela 8 – Áreas de Preservação Permanente.....	67
Tabela 9 – Coordenadas geográficas dos locais de coleta de água no rio Jacarecica.	79
Tabela 10 – Coordenadas dos Postos de monitoramento pluviométrico	82
Tabela 11 – Parâmetros analisados, métodos analíticos e equipamentos.....	86
Tabela 12 – Classes e usos preponderantes dos corpos d'água doce.....	93
Tabela 13 – Valores de referência para classes de água doce, conforme CONAMA 357/2005	94
Tabela 14 – Bairros inseridos na bacia do Jacarecica e representação em área	98
Tabela 15 – Classificação pedológica dos solos da bacia do Jacarecica	102
Tabela 16 – Uso e Cobertura da terra na bacia do rio Jacarecica.	103
Tabela 17 – Vazão específica e medida em P3 e P4; dados de precipitação antecedente e na data de coleta e observações de campo	123
Tabela 18 - Correlação entre parâmetros de qualidade, vazão e precipitação obtidos a partir de dados medidos na bacia do rio jacarecica em 2010	127
Tabela 19 – Valores obtidos para os parâmetros físicos em período seco.	128
Tabela 20 – Valores obtidos para os parâmetros físicos em período chuvoso.	129
Tabela 21 – Valores de amplitude diária de temperatura da água nos pontos analisados	132
Tabela 22 – Valores obtidos para os parâmetros químicos em período seco.	147
Tabela 23 – Valores obtidos para os parâmetros químicos em período chuvoso. ..	148
Tabela 24 – Limites de N-amoniaco estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para rios classe 2, de acordo com a faixa de pH.....	154
Tabela 25 - Valores de DBO ₅ em função das características do curso d'água.....	164
Tabela 26 – Valores obtidos para os parâmetros biológicos em período seco.	166
Tabela 27 – Valores obtidos para os parâmetros biológicos em período chuvoso..	166
Tabela 28 – Classificação dos trechos do rio Jacarecica com presença e com ausência de mata ciliar de acordo com a qualidade da água.....	171

LISTA DE SIGLAS

- ANA – Agência Nacional de Águas
- APP – Área de Preservação Permanente
- ASUB (Projeto) – Projeto de Integração dos instrumentos de outorga, enquadramento e cobrança para a gestão das águas subterrâneas
- BMP – Best Management Practice (Melhores Práticas de Gestão)
- CASAL – Companhia de Abastecimento do Estado de Alagoas
- CDIBH – Centro de Disseminação de Informações para a Gestão de Bacias Hidrográficas
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
- CTC – Capacidade de Troca Catiônica
- FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos
- HWM* – *High Water Mar* (marca de maior altura de água)
- IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IMA/AL – Instituto de Meio Ambiente do Estado de Alagoas
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
- IUNC – (*International Union for Conservation of Nature*) / União Internacional para a Conservação da Natureza)
- ONU – Organização das Nações Unidas
- SEINFRA – Secretaria do Estado da Infra-estrutura

SEMARH – Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

SEPLAN – Secretaria de Estado do Planejamento e Desenvolvimento

UFAL – Universidade Federal de Alagoas

UNESCO – (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*) /
Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura

WWF – (*World Wildlife Fund*) / Fundo Mundial da Natureza

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	20
2.1 Objetivo geral	20
2.2 Objetivos específicos.....	20
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3.1 Cronologia da criação: água, floresta e homem.....	21
3.2 Brasil: do desmatamento à urbanização.....	23
3.3 Pressão sobre os recursos hídricos	26
3.4 Florestas e água	30
3.4.1 Ciclo da água	30
3.4.2 Saúde da floresta	42
3.4.3 Ciclagem de nutrientes.....	44
3.4.4 Matas ciliares e qualidade da água	48
3.5 Parâmetros de qualidade de água	56
3.5.1 Parâmetros físicos.....	57
3.5.2 Parâmetros químicos.....	60
3.5.3 Parâmetros biológicos	64
3.6 Legislação de proteção florestal.....	65
3.7.1 Legislação de uso e ocupação do solo em área urbana	69
3.7.2 Alterações da legislação florestal	70
3.7 Legislação de enquadramento de rios	72
4 MATERIAL E MÉTODOS	74
4.1 Inserção geográfica da bacia de estudo	74
4.2 Localização dos pontos de amostragem	76
4.2.1 Precipitação e vazão	81
4.2.2 Parâmetros de qualidade de água	85
4.3 Tratamento dos dados	90
4.4 Enquadramento dos trechos do rio Jacarecica.....	92
5 RESULTADOS E ANÁLISES	94
5.1 Análise sócio-ambiental da bacia do Jacarecica	94
5.2 Análise de precipitação e vazão	120
5.3 Análise da qualidade da água	125
5.3.1 Parâmetros físicos.....	128
5.3.2 Parâmetros químicos.....	147
5.3.3 Parâmetros biológicos	165
5.4 Proposta de enquadramento dos trechos de rio estudados	170
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	174
REFERÊNCIAS	177

1 INTRODUÇÃO

O crescimento demográfico associado aos padrões de conforto-consumo e bem-estar da vida moderna implica expansão urbana, aumento da demanda e pressão sobre os recursos naturais, especialmente florestais e hídricos. Por sua vez, a expansão urbana resulta, geralmente, em desmatamento – em primeira instância – e ocupação do solo e impermeabilização – em segunda instância –, o que provoca alterações nos padrões das relações entre os processos hidrológicos, especialmente nos processos de infiltração e interceptação. O desdobramento inevitável é a degradação, sendo que a dos recursos hídricos é precedida pela dos recursos florestais, dos quais depende a produção de água em qualidade e quantidade.

Como mecanismo de proteção da água, as florestas exercem duas funções importantes: manutenção do fluxo nas nascentes e cursos d'água, e da integridade das acumulações das águas subterrâneas. Além disso, funcionam como filtros ao evitar ou reduzir o carreamento de sólidos e substâncias nocivas aos corpos d'água superficiais.

A interceptação da água pela floresta reduz o impacto da gota de chuva sobre o solo, evitando a desagregação de suas partículas, a erosão e o carreamento em direção aos corpos d'água, com o consequente assoreamento.

A redução do impacto da gota ocorre primeiramente nos galhos e nas folhas, e secundariamente na manutenção da serrapilheira no solo. A interceptação da água pelos galhos e serrapilheira evita a rápida saturação da superfície do solo, que levaria ao escoamento de parte da água da chuva que poderia ser infiltrada.

Além de facilitar a infiltração da água da superfície para o solo, a presença de raízes e serrapilheira permite o desenvolvimento de organismos (macro e micro), como minhocas, fungos (como as micorrizas), bactérias (como as fixadoras de nitrogênio), dentre outros, que abrem canais e/ou alteram a estrutura físico-química da matriz do solo (estrutura e textura), facilitando a passagem da água através do solo. A infiltração de água reduz, conseqüentemente, o escoamento superficial, que afeta diretamente a qualidade das águas superficiais.

A expansão urbana desordenada, associada ao baixo desenvolvimento social, é um fator preocupante devido à ocupação de áreas de risco, geralmente APPs (Área de Preservação Permanente), como encostas e fundos de vales em bacias urbanas.

As APPs são consideradas bens de interesse coletivo, que devem ter sua vegetação natural preservada e/ou recuperada. Dentre as funções ambientais das florestas localizadas em APPs estão a manutenção da estabilidade geomorfológica, a proteção do solo e a preservação dos recursos hídricos. Essas funções estão diretamente relacionadas e são dependentes, notadamente, dos processos de interceptação e infiltração, componentes do ciclo hidrológico. Dessa forma, a ocupação das APPs pode ocasionar danos diretos e/ou indiretos à população através de erosão e deslizamentos, perda da fertilidade do solo, assoreamento e alteração dos padrões de qualidade de água dos rios e picos de cheias (tendendo a picos maiores), redução do nível de água subterrânea, etc.

Uma bacia urbana de Maceió que enfrenta esse processo de ocupação desordenada é a do rio Jacarecica, inserida na região hidrográfica do Pratagy, em área de domínio do Bioma Mata Atlântica.

Essa bacia encontra-se em franca expansão urbana, sem planejamento adequado e sem controle. Diversos complexos residenciais e edificações de outra natureza vêm sendo implementados em sua bacia, removendo a cobertura vegetal e impermeabilizando o solo. O surgimento de favelas em áreas de risco, geralmente de preservação permanente, com lançamento de esgoto *in natura* no rio, é um fato. Outro fato importante a ser considerado é o que o sistema de drenagem urbana da bacia endorréica do Tabuleiro drena para o rio Jacarecica. Esses fatores associados contribuem para a degradação dos recursos florestais e hídricos da bacia.

Com foco nessa temática, o Centro de Tecnologia da Universidade de Alagoas desenvolveu um projeto de pesquisa, denominado ASUB (Projeto de Integração dos instrumentos de outorga, enquadramento e cobrança para a gestão das águas subterrâneas), financiado pela FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), que teve como objetivo geral estabelecer critérios para a outorga dos direitos de uso da água, o enquadramento dos corpos d'água e a cobrança pelo uso da água de forma integrada com aplicação às águas subterrâneas das bacias hidrográficas do rio Paraíba/PB e do rio Santa Maria/RS, e da região hidrográfica do Pratagy/AL, onde esta pesquisa foi inserida.

Esse trabalho também está inserido no contexto do projeto de pesquisa MAPLU2, desenvolvido em rede de pesquisas entre 16 instituições (UFMG, UFAL, UFRGS, UFSM, UFSC, UERJ, UFRJ, FAU/USP, POLI/USP, EESC/USP, UFG, UnB, UFC, UFPE, UFRN, UFSCar) com apoio financeiro da FINEP. Este projeto tem como

objetivo geral "desenvolver soluções urbanísticas e ambientalmente adequadas de manejo de águas pluviais para a redução do impacto sobre o hidrograma de enchentes, com especial atenção para a qualidade da água, o controle de vetores e a gestão de resíduos sólidos, em bacias experimentais urbanas".

Este estudo, financiado pelo Projeto ASUB, teve como objetivo revelar as interfaces relacionadas à qualidade de água no rio Jacarecica e à presença/ausência de floresta – mata ciliar – em sua bacia, totalmente inserida na região metropolitana de Maceió, e apresentar dados que possam efetivamente contribuir para o planejamento de ações que concorram para seu enquadramento e a melhoria da qualidade de vida da população.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho teve como objetivo verificar a influência da mata ciliar sobre as características físico-químicas e bacteriológicas da água, tendo como estudo de caso o rio Jacarecica, situado na Região Metropolitana de Maceió-AL.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar ambientalmente a bacia do Jacarecica;
- Avaliar a qualidade da água através de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos em tempo seco e tempo chuvoso;
- Verificar a correlação entre qualidade da água do rio Jacarecica em dois trechos distintos: com presença e ausência de mata ciliar;
- Propor um enquadramento para os trechos do rio estudado.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Cronologia da criação: água, floresta e homem

A Terra existe há aproximadamente 4,5 bilhões de anos e a água na forma líquida há aproximadamente 3,8 bilhões de anos (REBOUÇAS et al., 2002).

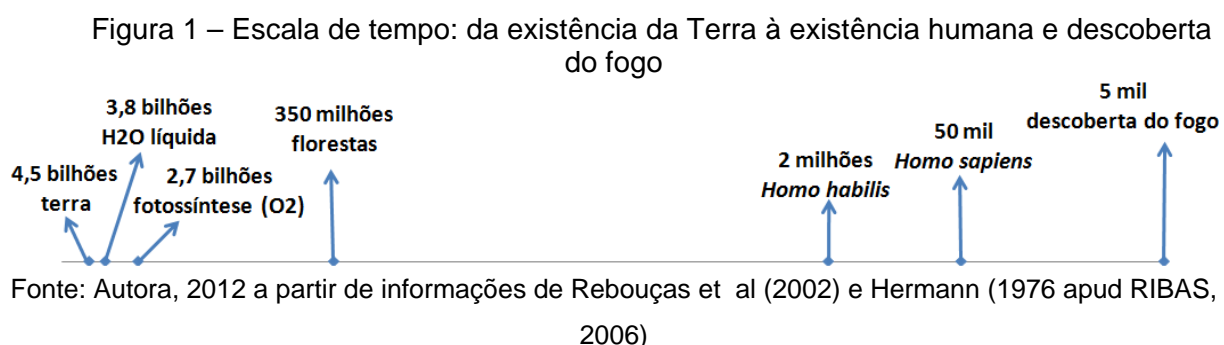
A vida na Terra somente foi possível há aproximadamente 3,5 bilhões de anos, após a existência da água (REBOUÇAS et al., 2002) – elemento essencial e insubstituível, pelo fato de que nenhum processo metabólico ocorre sem sua ação direta ou indireta (ESTEVES, 1988).

Desde a origem da vida, a maior parte dos seres vivos é aquática (MEDRI, 2012). Os seres vivos precisaram evoluir, desenvolvendo mecanismos para armazenar e economizar água para possibilitar sua existência na terra.

O processo fotossintético, único mecanismo capaz de produzir oxigênio sobre a Terra, teve início há pelo menos 2,7 bilhões de anos (REBOUÇAS et al., 2002), sugerindo a existência de espécies vegetais ou produtoras e possibilitando a existência dos seres aeróbios, como o ser humano.

De acordo com Hermann (1976) apud Ribas (2006), as florestas originaram-se há cerca de 350 milhões de anos, constituindo-se no principal recurso combustível (antes do aparecimento do carvão).

Dentro da escala de existência da Terra, como pode ser observado na figura 1, a existência do ser humano é muito recente, tendo ocorrido somente após a existência da água e das florestas.



O *homo habilis* – homem dotado de habilidade – surgiu há apenas 2 milhões de anos e a espécie *homo sapiens sapiens* – o homem que sabe que sabe, da qual deriva a raça humana atual (REBOUÇAS et al., 2002) – com aproximadamente 70% de seu organismo constituído por água (RIBEIRO, 2008) –, surgiu há aproximadamente 50 mil anos (REBOUÇAS et al., 2002). Desde então, vem

evoluindo e aperfeiçoando métodos para o domínio da natureza e o aumento da expectativa de vida.

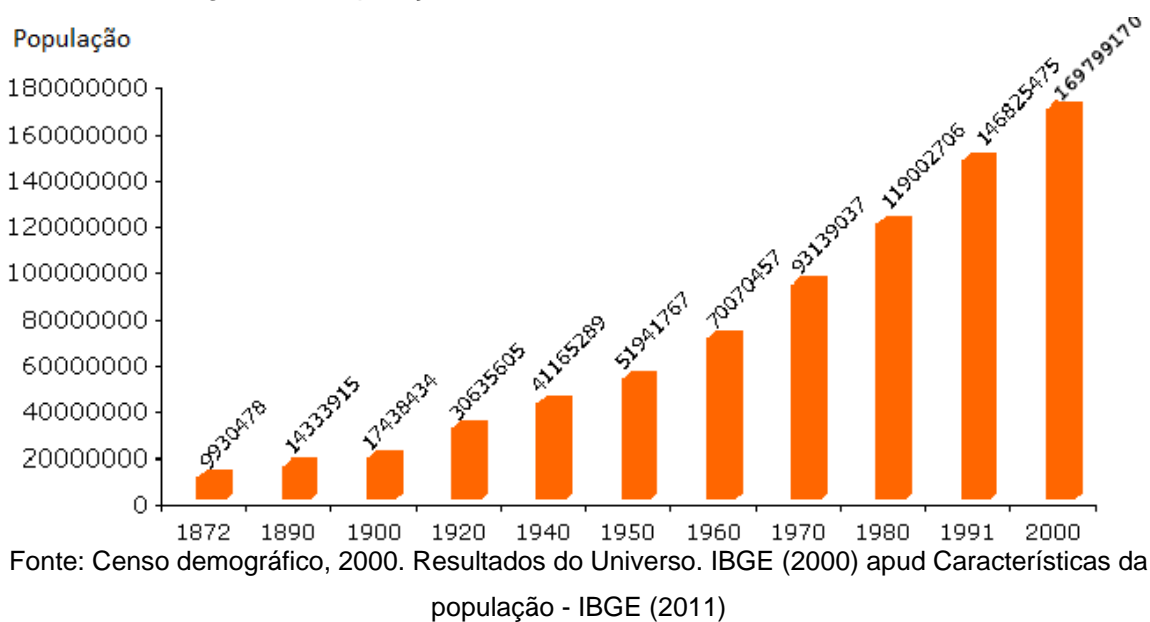
Hermann (1976), citado por Ribas (2006), entende que - confrontando-se os períodos de aparecimento das florestas e do homem, e analisando-se a interação destes dois agentes - a mais importante modificação das relações homem/floresta ocorreu em função da descoberta do fogo e da domesticação de plantas e animais e, conseqüentemente, do advento da agricultura (entre 7.000 e 5.000 anos a.C., ou aproximadamente 6.000 anos atrás - figura 1).

Desde então, em um curto espaço de tempo, para a escala de vida terrestre, a capacidade do ser humano em dominar a natureza e aumentar o tempo de vida levou a um crescimento populacional extraordinário.

De acordo com dados publicados no sítio do Banco Mundial (2011), ao final do século XX a população mundial foi aproximadamente duplicada em relação ao início do século. Atualmente se aproxima dos 7 bilhões, e o prenúncio é de que chegue a 9 bilhões no ano de 2040.

O Brasil, no início do século XX (1900), tinha uma população aproximada de 20 milhões e atualmente está próxima de 180 milhões (figura 2). Ou seja, a população brasileira, em 100 anos, teve um aumento em 800%, ou 9 vezes.

Figura 2 – População Total Recenseada no Brasil 1872-2000



O crescimento populacional exponencial - atrelado a um padrão de consumo e desenvolvimento insustentável, desde o surgimento da vida humana - ocorre

paralelamente ao aumento da demanda por recursos naturais – especialmente florestais e hídricos.

3.2 Brasil: do desmatamento à urbanização

De acordo com Tucci (2006), o aumento extraordinário da população urbana é responsável por: (1) maior pressão sobre os remanescentes de vegetação urbanos, com ocupação desordenada do espaço territorial; (2) aumento localizado da demanda por recursos hídricos, comprometendo a sustentabilidade hídrica das cidades; (3) degradação dos recursos hídricos, com exploração ao limite das disponibilidades hídricas e produção de efluentes (sanitário, industrial e pluvial), inviabilizando o uso da água dos rios; (4) impermeabilização do solo e canalização de riachos, aumentando a erosão do solo e a magnitude e frequência da ocorrência das inundações, ocasionando grandes prejuízos sociais, econômicos e ambientais.

A área florestal do mundo foi reduzida em aproximadamente 1/3 a 1/2 dos 3,24 bilhões de hectares antes existentes, basicamente em função de três fatores: demanda por combustível, usos industriais e utilização das terras para agricultura/pastagens (RIBAS, 2006), além da expansão urbana.

O desmatamento no Brasil iniciou-se no século XVI, ao tornar-se colônia de exploração dos portugueses. Esta exploração iniciou-se pela costa, em região da Mata Atlântica (MENEZES, 2010).

O século XVIII e os próximos que se seguiram foram determinados por um “*nomadismo predatório*” (PÁDUA, 2004). A colonização do Brasil caracterizou-se por apresentar uma atividade econômica fortemente centrada nos recursos naturais, enquanto tinha-se, ainda nesta época, a visão das florestas como obstáculo à própria segurança nacional (fronteiras) e a floresta era vista como “inferno verde”.

Na pós-colonização houve não somente a continuidade da exploração dos recursos naturais como, também, a ampliação da fronteira agrícola (RIBAS, 2006).

Quando os portugueses chegaram ao Brasil, a Mata Atlântica era parcialmente contínua, abrangendo aproximadamente 15% do território nacional (MOURA, 2006). Dados divulgados pela Agência Nacional de Águas (BRASIL, 2012) mostraram que, de todos os biomas brasileiros, a Mata Atlântica foi o mais explorado, restando 22,25% de vegetação remanescente (tabela 1).

Tabela 1 – Área de vegetação remanescente dos biomas brasileiros

Bioma	Área de vegetação remanescente (%)	Fonte do dado
Caatinga	53,4	MMA/IBAMA ¹
Cerrado	50,9	MMA/IBAMA ¹
Pantanal	83,20	MMA/IBAMA ¹
Pampa	36,05	MMA/IBAMA ¹
Amazônia	80,35	PRODES/INPE ²
Mata atlântica	22,25	MMA/IBAMA ¹

Fonte: BRASIL (2012a)

De acordo com MENEZES (2010), 15,28% da área do Estado de Alagoas são remanescentes de Mata Atlântica, ressaltando que o Estado corresponde a 0,34% do território nacional. Essas áreas remanescentes vêm sendo desmatadas para implantação de culturas agrícolas, principalmente cana de açúcar, e de cidades, repetindo o mesmo ciclo predatório de desvalorização do potencial dos complexos biomas brasileiros - considerados, em geral, como obstáculos ao desenvolvimento da economia e da civilização (PÁDUA, 2004).

O Código Florestal – já existente em 1934 (Decreto 23.793/1934, e Lei 4.771 em 1965) – limitava o uso de fogo e o corte de árvores. Porém, a existência dessa legislação não impediu o “desenvolvimento da economia”, associado às queimadas e desmatamentos indiscriminados, os quais tiveram maior expressão a partir da Revolução Verde, ocorrida nas décadas de 1950 e 1960, com incentivos fiscais oferecidos pelo governo brasileiro, contrariando as determinações do Código Florestal de 1965, para inserção de técnicas “modernas” de cultivo agrícola.

Os sistemas de cultivos agrícolas heterogêneos e complexos, compostos por florestas nativas, foram substituídos por outros homogêneos e simplificados. Os sistemas então tradicionais – como rotação de cultivo, pousio, recursos provenientes da área rural (como a adubação orgânica com esterco e restos vegetais), cultivos intercalares e sementes caboclas – foram substituídos pela monocultura, uso intensivo do solo, e tecnologias baseadas em insumos industrializados – como defensivos agrícolas e fertilizantes, espécies melhoradas e, atualmente, transgênicos. Extensas áreas foram desmatadas para dar lugar ao chamado “deserto verde”, ou sistema monocultural.

¹ Programa de Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite, da Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF/ MMA) e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama)

² Projeto de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe)

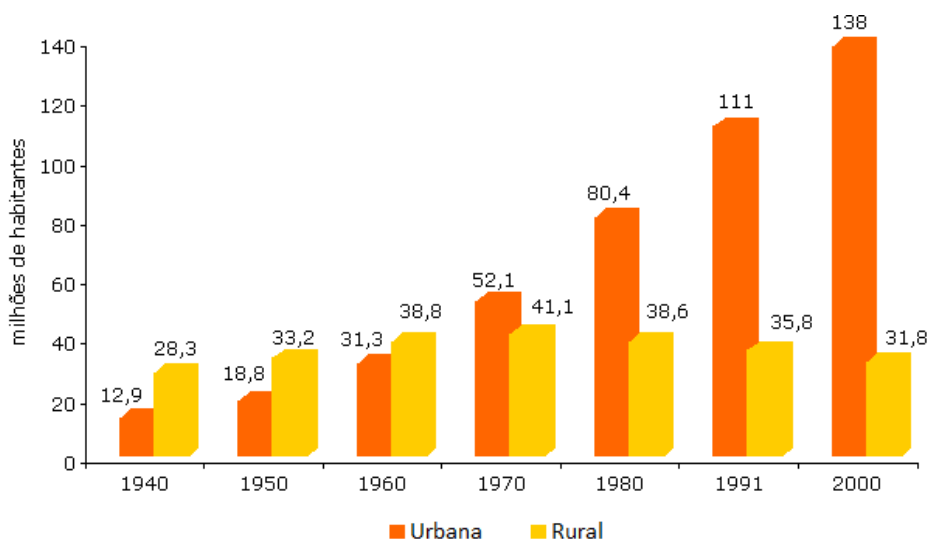
A busca de maiores produções para “suprir a demanda de mercado” e os incentivos fiscais da época fortaleceram as técnicas de cultivo em larga escala, favorecendo grandes produtores e enfraquecendo agricultores familiares.

A partir da substituição das técnicas tradicionais pelas convencionais, começaram a surgir diversos problemas ambientais, sociais, econômicos e culturais.

A degradação e a perda da capacidade produtiva dos solos e a erosão cultural geraram problemas econômicos aos agricultores familiares e dependência cada vez maior por insumos externos à propriedade.

Como pode ser visualizado na figura 3, uma das consequências foi o êxodo rural massivo na década de 70, de pessoas que provavelmente foram para as cidades em busca de alternativas de renda. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2001), da década de 70 para o ano 2000 a população urbana brasileira aumentou em quase 150%, enquanto que a população rural continuou diminuindo, chegando a 29% do total, no ano de 2000.

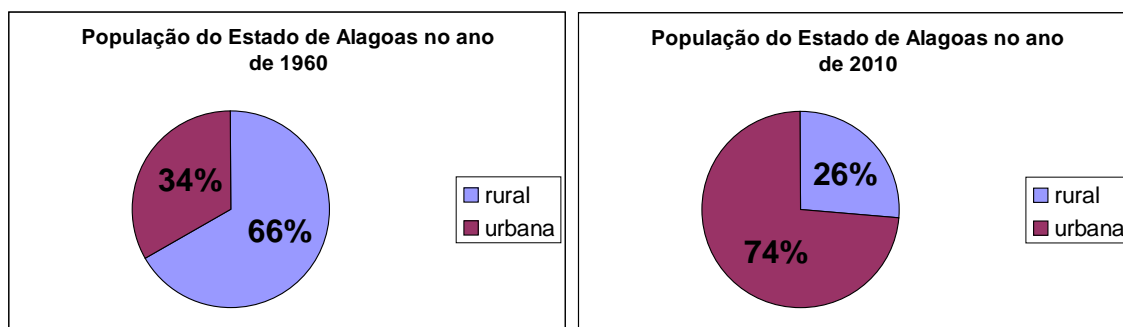
Figura 3 – População residente, por situação do domicílio – Brasil – 1940/2000



Fonte: Tendências demográficas, 2000. IBGE (2001) apud Características da população - IBGE (2011)

Os dados do censo 2010, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), mostraram que a população alagoana corresponde a 3.120.494 de habitantes. Deste total, 2.297.860 vivem em cidades (74% do total) e apenas 822.634 (26%) habitam a zona rural (figura 4-b). Em números absolutos, a população rural atual do Estado é menor que em 1960, mesmo com todo o crescimento populacional nesses 51 anos. Em 1960, 842.834 pessoas viviam na zona rural, 20 mil a mais do que hoje. Naquela época, a população rural era o dobro da urbana: 66% contra 34% nas cidades (figura 4-a) (LINS, 2011).

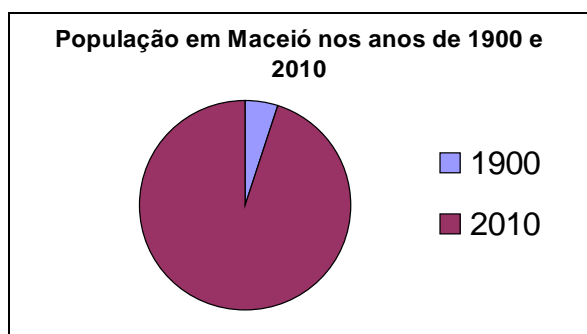
Figura 4 – População rural e urbana de Alagoas nos anos de (a) 1960 e (b) 2000



Fonte: Autora, 2012 a partir de dados do IBGE (2010)

Em 1900 Maceió possuía apenas 36.427 habitantes (5,6% da população do Estado); hoje concentra 29,9% de todos os habitantes de Alagoas: são 932.748 pessoas vivendo na capital (figura 5).

Figura 5 – População em Maceió nos anos de 1900 e 2010



Fonte: Autora, 2012 a partir de dados do IBGE (2010)

Embora tenha havido redução na população rural em todo o Brasil, o desmatamento e a degradação ambiental não cessaram. Embora a legislação brasileira limite o uso e a ocupação do solo, a prática intensiva de pastoreio e a monocultura em larga escala se expandiram, assim como o uso de insumos agrícolas (adubos químicos e defensivos agrotóxicos).

Nas áreas urbanas, a pressão sobre os recursos naturais tornou-se ainda maior, havendo desmatamento e ocupação intensiva em encostas, topos de morro, áreas de nascentes e proximidades de cursos d'água, as chamadas Áreas de Preservação Permanente (APPs), geralmente áreas de risco.

3.3 Pressão sobre os recursos hídricos

A explosão populacional afeta a demanda por recursos naturais, em especial por água doce, estando sua quantidade estreitamente relacionada à sua qualidade, fator limitante do seu uso (PETERS; MEYBECK, 2000). Nas áreas urbanas, ocorre

uma demanda concentrada por recursos hídricos, ao mesmo tempo que, paradoxalmente, aumenta a sua degradação.

Embora a água na Terra seja abundante, somente 2,5% são de água doce. Desta parcela, apenas 0,3% são águas superficiais e 29,9% são subterrâneas. O restante é a parte que forma as calotas polares, as geleiras e neves eternas que cobrem os cumes montanhosos mais altos, e a parte presente em solos (inclusive os gelados) e pântanos (REBOUÇAS et al., 2002). O agravante é que a parcela de água doce existente vem sendo degradada de forma intensiva.

De acordo com Brown e Flavin (1999), devido a sua essencialidade, a água em quantidade e qualidade reduzida pode representar grande risco à humanidade, sendo uma séria ameaça no século XXI. Segundo a Selborne (2001), até o ano de 2025, três bilhões de habitantes deverão viver em países afetados pelo estresse hídrico com oferta *per capita* inferior a 1000 metros cúbicos por ano – quantidade mínima para atender às necessidades básicas de uma pessoa.

Atualmente cerca de um bilhão de pessoas vive sem água potável ou saneamento adequado, apesar de estes serviços serem considerados como requisitos básicos para uma vida saudável. Anualmente 4% de todas as mortes no mundo (2,2 milhões) podem ser atribuídas ao suprimento inadequado de água potável e saneamento (SELBORNE, 2001).

As retiradas de água no mundo aumentaram seis vezes em relação ao século passado e estima-se que a humanidade já usa 54% da água escoada, um número que pode subir para 70% em 2025. Por causa do crescimento populacional, a média anual de disponibilidade *per capita* de recursos hídricos renováveis deverá cair de 6.600 m³ (18L/hab/dia), atualmente, para 4.800 m³ (13L/hab/dia), em 2025 (DUDLEY; STOLTON, 2003).

O Brasil apresenta uma situação confortável, em termos globais, quanto aos recursos hídricos. A disponibilidade *per capita*, determinada a partir de valores totalizados para o País, indica uma situação satisfatória, quando comparada aos valores dos demais países. Entretanto, apesar desse aparente conforto, existe uma distribuição espacial desigual dos recursos hídricos no território brasileiro. Cerca de 80% estão concentrados na região hidrográfica amazônica, onde se encontra o menor contingente populacional, além de valores reduzidos de demandas consuntivas (BRASIL, 2012a).

Conforme dados da ANA (Agência Nacional de Águas), a disponibilidade hídrica superficial no Brasil varia, conforme a região, de valores superiores a 500 m³/s a valores inferiores a 0,008 m³/s (BRASIL, 2012a).

Conforme a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico no Brasil, de 2008, 78,6% dos domicílios são abastecidos por rede geral de água, e 45,7% pela rede coletora de esgoto. Porém, destes, mais de 80% e 70%, respectivamente, na região Sudeste do país. É importante salientar que estes índices de cobertura de abastecimento de água baseiam-se na existência de rede de água, não significando garantia de oferta hídrica nem de condições operacionais (BRASIL, 2012a).

Conforme a ANA, as bacias da região semi-árida, onde se situa o estado de Alagoas, estão localizadas em áreas críticas de estresse hídrico devido à baixa disponibilidade hídrica. No caso de Alagoas, a disponibilidade hídrica superficial varia de 1 m³/s a valores inferiores a 0,008 m³/s. Além disso, Alagoas está inserido na região brasileira com pior qualidade de águas, em função de que os corpos d'água superficiais não são capazes de assimilar a carga orgânica neles lançada. É o caso da região metropolitana de Maceió, com qualidade de água classificada pela ANA como péssima (BRASIL, 2012a).

Como é possível observar na figura 6, o Estado de Alagoas apresenta criticidade quantitativa e quali-quantitativa em quase todo o seu território. Em resumo, conforme a análise da ANA, este é um Estado que se encontra em situação “muito crítica” em relação ao balanço hídrico³, conforme tabela 2.

Tabela 2 – Resumo da análise de criticidade dos trechos de rio

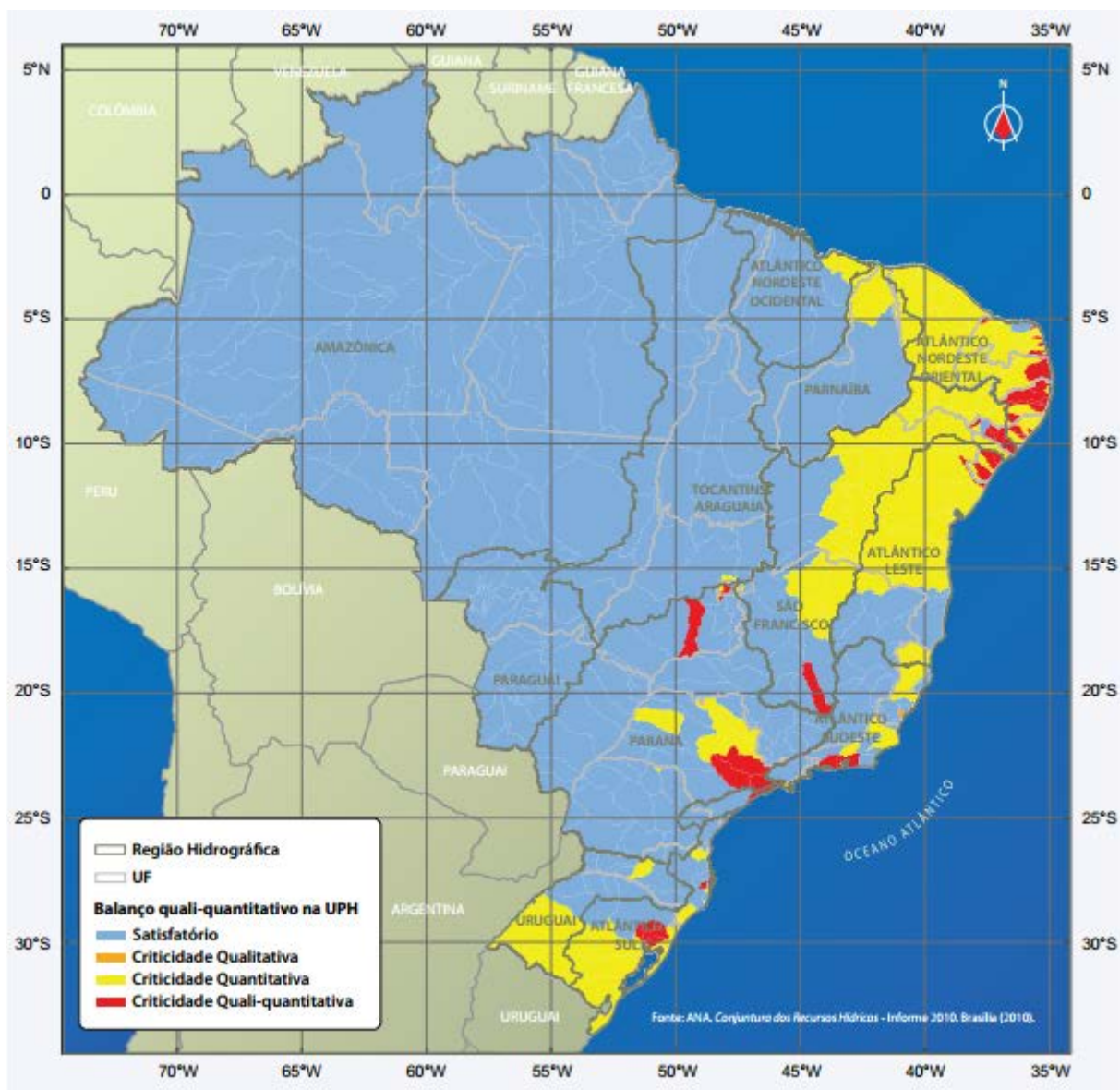
Condição quantitativa	Condição qualitativa				
	Péssima	Ruim	Razoável	Boa	Ótima
Excelente	Criticidade qualitativa			Satisfatório	
Confortável	Criticidade qualitativa			Satisfatório	
Preocupante	Criticidade qualitativa			Satisfatório	
Crítica	Criticidade quali-quantitativa			Criticidade quantitativa	
Muita crítica	Criticidade quali-quantitativa			Criticidade quantitativa	

Fonte: BRASIL (2012a)

³Balanço hídrico é o balanço entre entradas e saídas de água em uma bacia hidrográfica. É dado pela fórmula abaixo, onde ΔV é a variação do volume de água armazenado na bacia (m³); Δt é o intervalo de tempo considerado (s); P é a precipitação (m³.s⁻¹); E é a evapotranspiração (m³.s⁻¹); e Q é o escoamento (m³.s⁻¹):

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = P - E - Q$$

Figura 6 – Balanço quali-quantitativo na UPHs brasileiras



Fonte: BRASIL (2012a)

Conforme BRASIL (2012a), Maceió possui a maior parte do abastecimento dependente de poços subterrâneos, informação esta que corrobora dados da CASAL (Companhia de Abastecimento de Água e Saneamento do Estado de Alagoas), em 2012a. De acordo com a CASAL, 68% da vazão produzida na capital provêm de poços profundos, incluídos neste total aqueles que pertencem a sistemas isolados, e de poços que se encontram interligados no macro sistema de abastecimento de Maceió.

Uma das razões deste uso excessivo de águas subterrâneas pode ser o fato de que a disponibilidade dos recursos hídricos superficiais neste município vem sendo limitada pela sua qualidade.

O comportamento humano é considerado a principal causa de deterioração ambiental (OSKAMP, 2000 apud VERDUGO, 2003), sendo a degradação das florestas a primeira etapa da degradação da água em qualidade e quantidade.

3.4 Florestas e água

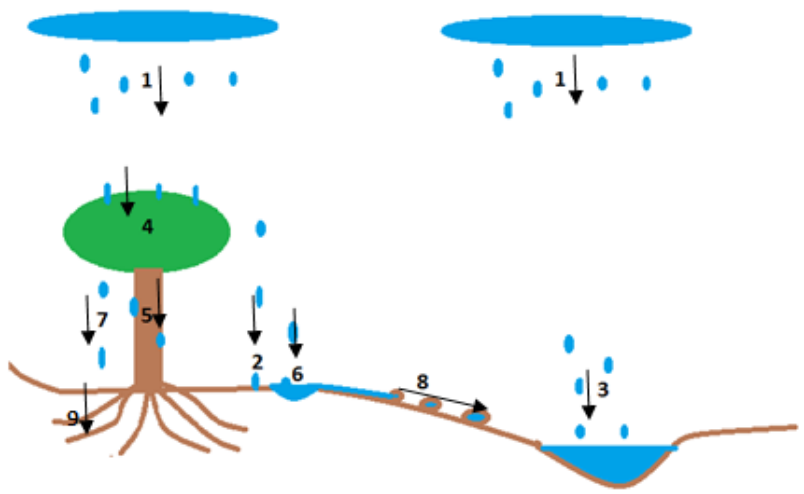
Segundo Selborne (2001), os ecossistemas naturais desempenham papel valioso na administração do ciclo hidrológico. Dudley e Stolton (2003) comentam que há uma suposição generalizada de que as florestas exercem funções do ecossistema úteis na manutenção constante do abastecimento de água em quantidade, qualidade e regularidade.

3.4.1 Ciclo da água

O ciclo hidrológico em escala global é fechado, e pode ser rápido ou longo. É longo quando passa pela maioria das etapas a seguir: precipitação, interceptação, armazenamento superficial, infiltração, percolação, detenção superficial, escoamento superficial (ou enxurrada), escoamento sub-superficial (ou interfluxo), escoamento subterrâneo (ou fluxo de base), evaporação, evapotranspiração e respiração. É curto quando pula algumas dessas etapas, como será discutido adiante.

A água precipitada (1) pode ter vários caminhos distintos, apresentados na figura 7: precipitação direta no solo (2); precipitação direta em um corpo hídrico (3); interceptação vegetal por folhas, galhos e troncos (4); interceptação por depressões no solo (6); escoamento superficial (8) ou infiltração (9). A água interceptada pela vegetação pode reprecipitar-se (7), caindo sobre o solo.

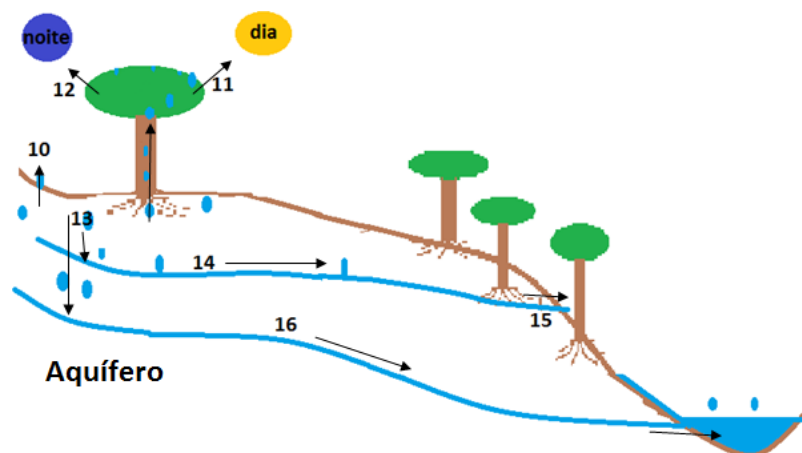
Figura 7 – caminhos da água precipitada na superfície do solo



O ciclo da água pode ser curto quando a água interceptada evapora, retornando à atmosfera antes de entrar em outro processo do ciclo. A água que chega ao solo pode ser temporariamente armazenada na superfície (armazenamento superficial). No solo pode evaporar (encerrando novo ciclo curto), infiltrar ou escoar superficialmente. A parcela escoada superficialmente pode chegar a um corpo hídrico e ser evaporada, fechando o ciclo, ou pode infiltrar-se ao longo do caminho.

A água infiltrada pode permanecer no solo por algum tempo (detenção superficial), dependendo da sua capacidade de armazenamento (proporção de areia, silte, argila e matéria orgânica, porosidade, profundidade), condições climáticas (umidade relativa do ar, temperatura, pressão atmosférica) e conservação da superfície do solo. Neste, a água pode seguir os caminhos descritos na figura 8: pode fechar o ciclo evaporando-se (10), deslocando-se no solo por diferença de potencial hídrico ou fluxo de massa. Da mesma forma, a água pode ser evapotranspirada (11) ou perdida pelo processo de respiração das plantas (12) - nestes casos, a água participa dos processos metabólicos da planta, sendo por elas, temporariamente, armazenada. Parte da água percolada (13) pode escoar sub-superficialmente (14), aflorando e dando origem a nascentes (15). Outra parcela, percolada ao longo de todo o perfil do solo, alimenta os aquíferos, que dão origem ao fluxo de base (16): escoamento subterrâneo que mantém o fluxo de rios em épocas de estiagem. A água dos rios pode ser evaporada ou escoar em direção ao mar. A foz do rio (em outro rio ou no mar) é chamada de exutório.

Figura 8 – caminhos da água precipitada que infiltra no solo



Fonte: Autora, 2012

As águas precipitadas escoam a partir dos divisores topográficos, conforme a inclinação do terreno, seguindo os talwegues. A bacia hidrográfica (figura 9) é a área de captação natural dos fluxos de água originados a partir da precipitação, que faz convergir os escoamentos para um único exutório. Embora os aquíferos possam ter intercomunicação, para a gestão dos recursos hídricos considera-se a bacia hidrográfica a unidade de estudo.

Figura 9 – Desenho esquemático de uma bacia hidrográfica

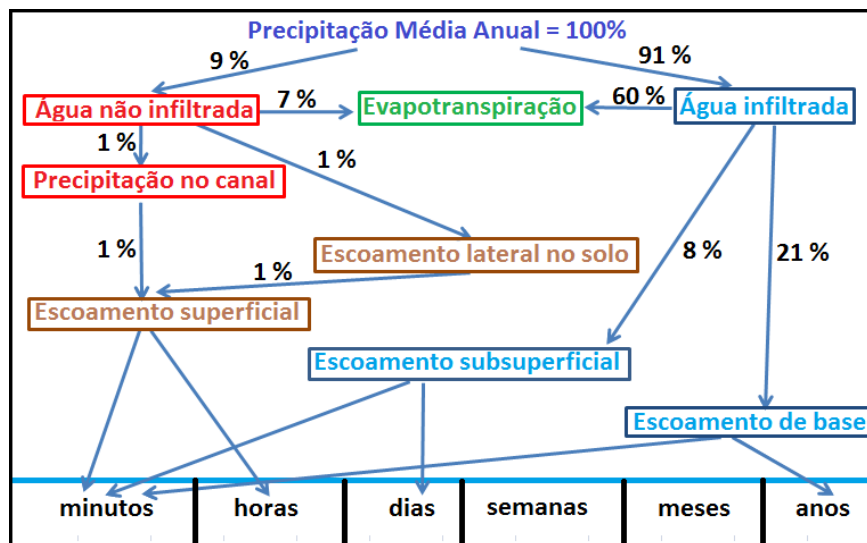


Fonte: ANA (Sem data) apud CDIBH (Sem data)

Tempo de residência tem relação com o ciclo da água (longo ou curto): é o tempo que uma gota de chuva que atinge a região mais remota da bacia leva para atingir o exutório e é dependente de diversas condições da bacia (comprimento do rio, declividade, tipo de solo, dentre outros fatores), mas principalmente das condições de uso e conservação do solo, em particular a presença/ausência de florestas.

A figura 10 mostra que as taxas de infiltração da água em bacias hidrográficas é bastante alta (91%) em relação às taxas de água não infiltrada (9%), que se precipitam diretamente no canal e escoam na superfície. Em ambos os casos, as perdas para a atmosfera por evapotranspiração são altas. Mas, no caso da água não infiltrada, as perdas são maiores (78% da água não infiltrada é evapotranspirada) em relação à água infiltrada (66% evapotranspirada). Como pode ser observado, somente a água infiltrada tem ciclo longo, podendo variar de minutos a anos para se completar. Já a água não infiltrada leva minutos a horas para encerrar o ciclo ou para chegar ao exutório.

Figura 10 – Tempo de residência da água em bacias hidrográficas



Fonte: Autora, 2012: cópia de figura de Checcia (2003)

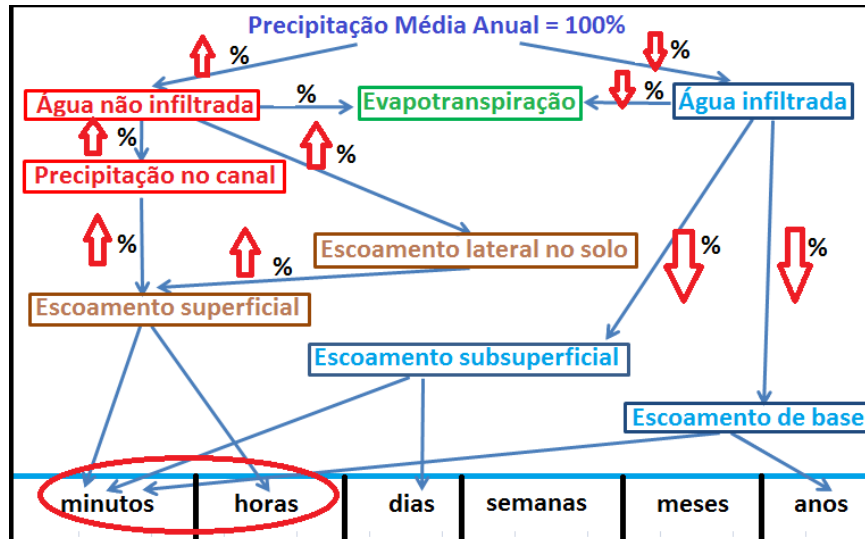
O ciclo longo da água é altamente dependente de florestas, que, especialmente através de interceptação e manutenção da camada de serrapilheira e matéria orgânica, permitem a infiltração lenta da água, abastecendo os aquíferos, nascentes e rios.

De acordo com Primavesi (1981), o fato de a floresta consumir grande quantidade de calor retiradas do ar (539 cal/mL de água transpirada) faz da floresta o maior termostato que possuímos. De acordo com esta autora, a elevação da temperatura do ar eleva as taxas de água transpirada. Desta forma, retiradas de florestas alteram, de imediato, o microclima, com elevação na incidência direta de raios solares, que implicam taxas de evaporação mais altas e mais aceleradas, o que afeta também a formação de nuvens e a movimentação de massas de ar. A ascensão violenta de massas de ar quente eleva a ocorrência de chuvas mais violentas e de rápida duração, enquanto concomitantemente essa ocorrência torne-se menos freqüente. Altera-se, conseqüentemente, o tempo de residência da água.

Além disso, a sua retirada implica saturação mais rápida do solo em ocasião de precipitação, elevando as taxas de escoamento superficial (e reduzindo as de infiltração). O ciclo hidrológico que levaria anos para ser completado, pode ser reduzido a horas ou minutos (figura 11). A redução nas taxas de água infiltrada afeta o abastecimento de água subterrânea (escoamento subsuperficial e de base), que alimenta os aquíferos, nascentes e rios. Neste caso, as secas são mais severas, nascentes podem passar de perenes a intermitentes ou mesmo deixar de existir. Rios perenes têm sua vazão reduzida e os intermitentes passam por secas mais

severas. Taxas altas de escoamento superficial em curto espaço de tempo elevam os picos de cheias, aumentam o carreamento de solos e outras substâncias, provocando assoreamento de rios e afetando a qualidade das águas .

Figura 11 – Alteração no tempo de residência da água precipitada em função da alteração das taxas de infiltração, decorrentes da redução da área florestada



Fonte: Autora, 2012 a partir da figura 8 deste trabalho, de Checchia (2003)

Simulação realizada por Tragsa (1994) (apud Rizzi, 2011) em área de 100 km² – com três hipóteses de simulação (cultivo de gramíneas, pastagem e floresta madura de *Pinus sp.*) – mostrou que uma bacia coberta com florestas reduz em 41% a vazão máxima quando comparada com bacia com cobertura de cultivos agrícolas (896 m³/s para 526 m³/s), e 15,9%, em relação à área de pastagem (896 m³/s para 753 m³/s). A mesma simulação mostrou que, em um período de 10 horas, a bacia com floresta reduziu em 35% o volume total de água do deflúvio, quando comparada com cultivos agrícolas. Conforme Rizzi (2011), esta efetividade das florestas no controle de vazões máximas de rios é elevada com a redução da área da bacia, tempo e intensidade de precipitação.

Pode-se afirmar que as florestas aumentam o fluxo total de água armazenada. Porém, deve-se lembrar que isto não se aplica a florestas jovens e alguns plantios exóticos, os quais reduzem o fluxo de água devido às maiores taxas de consumo no período de crescimento. Porém, consumado o crescimento, a floresta volta a ter a função de armazenamento de água no solo.

Os topos de morro e encostas, considerados APPs, são importantes áreas de infiltração ou recarga de aquíferos. A presença de vegetação protetora nessas circunstâncias aumenta a estruturação do solo e, com isso, a permeabilidade, o que

resulta em maior amortecimento do aporte e na infiltração da água. Isso leva a uma recarga lenta de aquíferos. Com maior infiltração vertical no topo do morro, menor quantidade de água escoará pela superfície ao longo das encostas de jusante, aumentando sua estabilidade. Tanto um efeito quanto outro são importantes para a integridade geológica das encostas (SILVA A. *et. al.*, 2011). As áreas ciliares, que margeiam os corpos d'água, também são APPs.

Pela função da floresta no balanço hídrico e pela qualidade dos recursos hídricos superficiais, pode-se afirmar que as florestas são essenciais para a integridade dos processos hidrológicos, tendo fundamental importância nos processos de interceptação, infiltração e escoamento superficial (LIMA P., 2008).

A presença de florestas nas bacias hidrográficas geralmente resulta em melhor qualidade da água em relação às bacias com usos alternativos - agricultura, indústria e assentamento -, que resultam em incremento das quantidades de poluentes que entram nas cabeceiras. As florestas reduzem a erosão do solo e, conseqüentemente, a carga de sedimentos e poluentes carregados (DUDLEY; STOLTON., 2003).

De acordo com Dudley e Stolton (2003), florestas naturais quase sempre fornecem água de qualidade superior, com menor quantidade de sedimentos e menos poluentes.

Diversos autores citados por Donadio *et al.* (2005), como Sopper (1975), Brown (1988), Oliveira-Filho (1994) e Margaleff (1983), além de outros como Palmier (2001), Ferreira (2003), Vibrans (2003), Borges *et al.* (2005), Andrade *et al.* (2005) e Venturieri *et al.* (2005), concordam que há correlação positiva entre a qualidade e a quantidade de água produzida e a presença de floresta.

Desta forma, ao redor do mundo, as decisões econômicas sobre o uso da terra estão sendo tomadas em favor da proteção de bacias hidrográficas florestadas, visando salvaguardar o abastecimento público (REIS, 2004). Reis (2004), em sua pesquisa, concluiu que 6 de 7 estações de tratamento de água, no estado de São Paulo, tiveram o custo específico de produtos químicos elevados com a redução da cobertura florestal da bacia de abastecimento.

Pesquisa feita por WWF e IUNC (2003) sugere que mais de um terço das maiores cidades no mundo capta parcial ou totalmente suas águas para abastecimento público em áreas de florestas protegidas, incluindo Nova York e Tóquio, além de algumas cidades brasileiras, como São Paulo, Rio de Janeiro,

Brasília, Salvador e Belo Horizonte. Outras realizam o manejo florestal com o objetivo de proteger as bacias hidrográficas, como Seul, Tóquio, Beijing, Yangan, Santiago, Estocolmo, Munique, Minsk, Sydney e Melbourne (DUDLEY; STOLTON, 2003).

INTERCEPTAÇÃO

A interceptação é caracterizada pela retenção de parte da água precipitada acima da superfície do solo, que retorna à atmosfera por evaporação. Pode ocorrer devido à vegetação ou outra obstrução ao escoamento, como depressões no solo, sendo função das condições climáticas (especialmente vento) e do período do ano. Estes fatores têm relação direta com as características de precipitação (intensidade, volume precipitado e chuva antecedente) e, principalmente, da vegetação (tipo e densidade) (TUCCI, 1997).

A tipologia e a densidade de vegetação caracterizam a capacidade de retenção de gotas de água. A tipologia diz respeito à morfologia e à estrutura foliar (figura 12), de copa e tronco. A densidade diz respeito à associação de tipologias (espécies e diferenças individuais) e ao espaçamento entre os indivíduos, caracterizando estratos florestais. Dessa forma, quanto maior a diversidade vegetal de uma floresta, maior a complexidade da interceptação pluvial.

Figura 12 – Estrutura foliar de diferentes espécies florestais



Fonte: Autora, 2012

A presença de espécies caducifólias e semicaducifólias - ou espécies que perdem as folhas em determinados períodos - determina uma variabilidade na

densidade foliar ao longo do ano e, portanto, da capacidade de interceptação da floresta.

Ao funcionar como um reservatório temporário, que armazena parcela da precipitação, quanto maior a interceptação, maior a tendência em reduzir a vazão média de cursos d'água e suas variações ao longo do ano, retardando e reduzindo picos de cheias em épocas chuvosas e mantendo o fluxo de base em épocas secas. A vegetação mantém altas as taxas de evapotranspiração em ocasião de precipitação; quando retirada, ocorre aumento rápido de vazão (TUCCI, 1997).

Em terras sob cobertura florestal, o sistema radicular, a serrapilheira e a vegetação adensada das matas conseguem, juntos, reter em média 70% do volume das precipitações (SILVA A. et al., 2011).

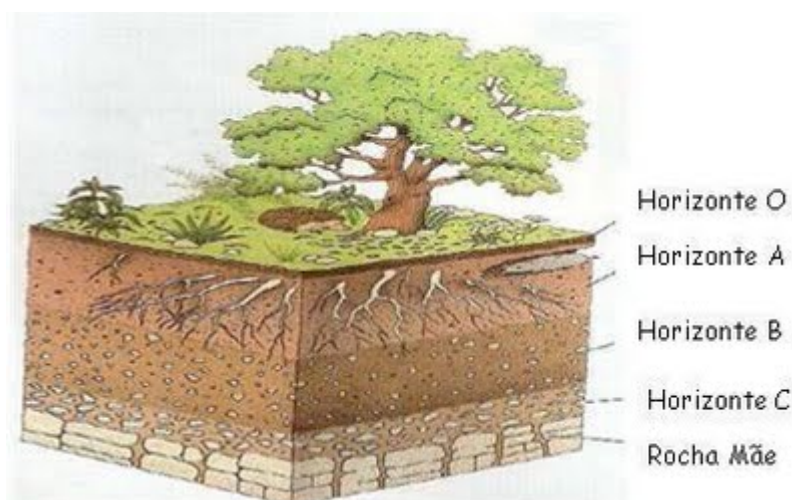
INFILTRAÇÃO

A qualidade da água infiltrada até o lençol freático está diretamente relacionada à qualidade do “filtro”, ou perfil do solo, e sua conservação.

Este filtro é composto por 4 camadas, denominadas horizontes (O, A, B e C), até a rocha mãe, impermeável – onde é armazenada a água subterrânea, formando o escoamento de base.

O horizonte “O” é onde ocorre acúmulo de matéria orgânica no solo, por isso é chamado de orgânico. O horizonte “A” é um orgânico e mineral. O horizonte “B” é mineral e o “C” é a zona de transição entre a rocha-matriz (ou horizonte “R”) e o solo (PASTILHA et al., 2009). Estes horizontes podem ser visualizados na figura 13.

Figura 13 – Perfil de solo



Fonte: Pastilha et al. (2009)

A filtragem da água é iniciada na camada de serrapilheira da superfície e no horizonte orgânico (horizonte O) e se estende até às camadas mais profundas do solo.

A capacidade de infiltração depende da profundidade e natureza do solo (propriedades físicas como porosidade, umidade e partículas), mas também da conservação de sua superfície.

A presença de florestas afeta as taxas de infiltração através do fornecimento contínuo de matéria orgânica aos horizontes superficiais do solo: o horizonte orgânico e o horizonte A (camada superficial, localizada imediatamente abaixo do horizonte orgânico).

O horizonte orgânico é a camada de serrapilheira e o material orgânico em decomposição capaz de fornecer microclima apropriado ao desenvolvimento de grande diversidade de macro e microrganismos, auxiliando na interceptação de águas da chuva, permitindo a lenta saturação do solo e favorecendo a infiltração.

No horizonte A, a presença de raízes aumenta a diversidade biológica do solo. O material biológico em decomposição (contribuição do horizonte orgânico, associado à decomposição de raízes e microrganismos) afeta a qualidade do horizonte A no que diz respeito a: agregação de partículas e porosidade, elevando, conseqüentemente, a CTC⁴ (capacidade de troca catiônica); e de adsorção de água. O resultado é a melhoria da qualidade do solo. A CTC está relacionada à capacidade do solo em adsorver nutrientes e contaminantes (metabolização de poluentes ou nutrientes), os quais poderiam, juntamente com a água, serem lixiviados diretamente para o lençol freático. Já a adsorção de água às partículas de solo está diretamente relacionada à capacidade de infiltração e armazenamento de água.

Os microrganismos influenciam a qualidade da água de diversas maneiras. Assim como as plantas, metabolizam nutrientes para as formas menos disponíveis biologicamente e mais facilmente armazenadas. São responsáveis por muitas reações químicas de redução que ocorrem no solo, incluindo a desnitrificação e a redução de ferro, enxofre, dentre outros compostos (MITSCH; GOSSELINK, 1993 apud KLAPPROTH; JOHNSON, 2009).

⁴ CTC é o número total de cátions que um solo pode reter. É dependente do tamanho das partículas do solo e sua proporção (partículas menores resultam em maior área superficial e CTC: areia<silte<argila<MO). CTC baixa resulta em maior lixiviação de nutrientes, não retidos pelo solo.

Klapproth e Johnson (2009) sugerem que áreas florestadas podem ajudar a mitigar o escoamento de pesticidas e metais, já que, quanto maior a quantidade de matéria orgânica, maior o potencial de metabolização dos pesticidas. De acordo com Cook (1996), o mesmo ocorre com outros produtos químicos orgânicos, os quais são metabolizados por vários processos químicos e biológicos do solo. Porém certos pesticidas eliminam alguns microrganismos, reduzindo também a sua metabolização (KLAPPROTH; JOHNSON, 2009).

A camada orgânica pode estar ausente em áreas desmatadas, o que implica redução drástica na capacidade de infiltração e metabolização de nutrientes ou na capacidade de absorção de poluentes (CTC).

Em áreas urbanas, a impermeabilização do solo representa uma ruptura dos processos hidrológicos, causando desequilíbrios, como o aumento do escoamento superficial.

Essa ruptura também está relacionada à recarga de aquíferos, especialmente quando a impermeabilização ocorre em áreas de recarga de aquíferos, como bacias hidrográficas endorréicas⁵, topos de morro e áreas em declive, as quais, sendo de preservação permanente, deveriam ter sua área permeável íntegra, mantendo-se a floresta nativa.

ESCOAMENTO SUPERFICIAL

O valor da floresta no controle da erosão é bem conhecido. Sua retirada resulta primeiramente na redução da interceptação, e secundariamente na da infiltração.

Uma das formas de estimar a erodibilidade do solo, em função de fatores que representem o clima, o solo, a topografia o uso e o manejo, é utilizando a equação universal de solos, adotada por Wischmeier e Smith (1978) (apud MACHADO *et. al.*, 2009) e descrita abaixo:

$$PS = R.K.L.S.C.P$$

Sendo:

- PS = perda de solo média anual ($t.ha^{-1}.ano^{-1}$);
- R = fator erodibilidade da chuva ($MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}$); função da energia cinética, intensidade de precipitação, e lâmina total precipitada;

⁵ Bacia Hidrográfica ou sub-bacia hidrográfica sem exutório, “bacia do interior”

- K = fator erodibilidade do solo ($T \cdot ha^{-1} / MJ \cdot mm \cdot ha^{-1} \cdot h^{-1}$); expressa a resistência do solo a erosão hídrica, sendo dependente dos atributos mineralogógicos, químicos, morfológicos e físicos, como granulometria (proporção areia, silte, argila e matéria orgânica), porosidade, origem da rocha formadora do solo, dentre outros fatores;
- L = fator comprimento da encosta;
- S = fator de declividade da encosta;
- C = fator uso e manejo do solo, relacionado com a cobertura do solo. Se cultivado, diz respeito à cultura (rasteira, arbustiva, arbórea), ao espaçamento e densidade de plantio, que irão afetar a interceptação vegetal e incidência direta de gotas de chuva no solo, pelas copas ou pela presença de matéria orgânica;
- P = fator práticas conservacionistas, diz respeito às práticas de conservação de solo utilizadas, como terraceamento, cordões de vegetação permanentes, dentre outros.

Pode-se dizer que R, K, L e S são fatores dependentes das condições naturais. Já C e P, são fatores que estão relacionados à forma de uso e ocupação do solo. Desta forma, a perda de solos está diretamente relacionada à conservação de sua superfície. Conforme Grand (1970), citado por Chuquipiondo (2007), a tendência à erosão do solo é reduzida com o elevação dos teores de argila e matéria orgânica.

Com a retirada de vegetação, a matéria orgânica fica reduzida, diminuindo a rugosidade do solo, a qual permitiria a redução da velocidade da água e sua infiltração lenta. Quanto menor a interceptação e a infiltração, mais rápida a saturação do horizonte superficial (horizonte A), e a água, impedida de infiltrar, começa a escoar pela superfície. Burger (1976), citado por Balbinot et al. (2008), apresentou a relação entre a percentagem de cobertura florestal e o escoamento superficial, conforme a tabela 3.

Tabela 3 – Relação entre cobertura florestal escoamento superficial

Cobertura florestal (%)	Escoamento superficial (%)
0	100
8	77
40	58
90	43
100	25

Fonte: Burger (1976) apud Balbinot et. al. (2008)

Como foi observado anteriormente, o resultado da redução da infiltração e do aumento do escoamento é um aumento rápido na vazão dos cursos d'água na ocasião de chuvas e a redução na ocasião de seca, em função do rebaixamento do nível do lençol freático.

Em áreas urbanas, a impermeabilização em talvegues, ou locais de escoamento natural das águas precipitadas, pode aumentar consideravelmente o volume e a velocidade do escoamento. A construção de casas nessas áreas torna-se problemática: elas podem ser destruídas, dependendo das características da precipitação, declividade e características do solo.

Na ocasião da interceptação de água pela vegetação, reduz-se o impacto da gota de chuva, através da redução de sua velocidade. Quando o solo está desprotegido, esse impacto ocasiona desagregação das partículas de solo, erodindo-o em diferentes proporções de acordo com sua tipologia, localização (bordas de tabuleiros) e declividade. Inicialmente a erosão é laminar, ou seja, carrega as partículas de solo superficiais (primeiramente orgânicas), as quais determinam a sua fertilidade. Dessa forma, perde-se a camada fundamental do solo, a camada fértil. Secundariamente, essa erosão laminar pode evoluir para ravinas e voçorocas.

Estudo realizado no Estado do Pará por Prado et al. (2006), utilizando modelos de simulação para o município de Jundiaí/SP, mostrou que o escoamento superficial em áreas florestadas pode corresponder a menos de 3% da precipitação, enquanto que em áreas de pastagem o percentual pode chegar a 17%. De acordo com a simulação, as APPs desempenham sensível papel na redução do carreamento de sedimentos em direção aos rios.

Todas as partículas desagregadas transferem-se para algum lugar, juntamente com a água escoada: podem ser depositadas, quando houver obstáculo ao escoamento, ou escoar diretamente para os cursos d'água. A deposição de sedimentos carregados pode resultar em assoreamento dos corpos hídricos e alterações na qualidade da água.

Em áreas urbanas, o escoamento de água pode carrear partículas de solo, lixo e esgoto, lançadas nos canais de drenagem, além de outros compostos de origem industrial. Em áreas rurais é perdido o solo fértil, a camada orgânica do horizonte "O". A erosão superficial do solo pode evoluir para erosões em estágios avançados, como ravinas e voçorocas.

As matas ciliares são importantes barreiras de sedimentos, funcionando como filtros, impedindo e/ou reduzindo o carreamento de partículas de solo e outros compostos para os cursos d'água.

3.4.2 Saúde da floresta

Da mesma forma que o armazenamento de água nos aquíferos, uma árvore leva anos para estabilizar seu crescimento. Uma floresta leva décadas ou séculos para ficar madura e estabelecer o seu equilíbrio dinâmico, o que diz respeito, intrínsecamente, à relação entre fauna e flora (biodiversidade). O *homo sapiens sapiens*, ou homem que “acha que sabe”, leva meses, dias, minutos, para desestabilizar um ecossistema que leva anos, décadas e séculos para entrar em equilíbrio.

Os maiores benefícios da biodiversidade são pouco reconhecidos. A saúde da floresta, que afeta diretamente os recursos hídricos, é altamente dependente da biodiversidade. Tipologia, estratificação e densidade de vegetação são altamente dependentes da integridade e da sobrevivência de uma floresta ou formação vegetal, intrinsecamente relacionada à diversidade da fauna. Enquanto a floresta oferece abrigo, proteção e alimento para a fauna, esta é responsável pela polinização e dispersão de sementes de muitas das espécies vegetais. Dessa forma, uma floresta com grande diversidade vegetal tende a ter também grande diversidade animal, e vice-versa. E o estágio de desenvolvimento da floresta depende de sua saúde.

Quanto mais avançado, maior será a produção de serrapilheira e, conseqüentemente, de matéria orgânica (mantendo a ciclagem de nutrientes). Quanto mais robusta a camada de matéria orgânica presente no solo, maior a capacidade de retenção de água e sedimentos. Esses fatores associados à maior diversidade de alimento permitem o desenvolvimento de microrganismos no solo e a imobilização de nutrientes: incorporados às plantas e aos organismos, reduz-se o risco de serem lixiviados ou carreados.

Da mesma forma, quanto mais avançado o estágio de desenvolvimento de uma floresta, maior a densidade de indivíduos, maior o número de espécies e estratos arbóreos e menor o espaçamento entre indivíduos, ou seja, maior será a sua capacidade de interceptação. Um grande número de estratos caracteriza a interceptação da água precipitada por indivíduos de menor porte ou de porte arbustivo.

O primeiro fator de alteração da diversidade se deve à alteração de *habitats*, causada principalmente pelo desmatamento. Este provoca desequilíbrios na diversidade de fauna, favorecendo o aumento populacional de algumas espécies (animais e/ou vegetais) que se adaptam bem em ambiente desmatado, e a supressão de outras, causando “desestabilidade demográfica”. Esse desequilíbrio pode resultar nos extremos: explosão populacional de algumas espécies, o que caracteriza uma praga, agrícola ou urbana; por outro lado, pode suprimir outras, podendo levá-las à extinção.

As florestas tropicais abrigam grande diversidade de espécies animais e vegetais, apresentando alto grau de endemismo. Por outro lado, a estimativa de espécies em florestas de clima temperado é inferior a 30 por hectare. Na Mata Atlântica baiana foram catalogadas 454 espécies de árvore em 1 hectare (MOURA, 2006). Há muitas espécies de Mata Atlântica que são endêmicas de fragmentos nordestinos e estão particularmente ameaçadas (MOURA, 2006).

O alto grau de endemismo associado ao risco de desaparecimento faz com que a Mata Atlântica esteja incluída na lista dos 25 *Hot Spots*, ou centros de diversidade, ameaçados de extinção no planeta (MOURA, 2006).

As matas ciliares constituem também importantes centros de endemismo, abrigando espécies que somente ocorrem neste local.

Desmatamento, queimada, construção de pontes e estradas, monocultura em larga escala e urbanização causam a fragmentação de *habitats* e o efeito de borda, importantes fatores de degradação da fauna e da floresta.

A fragmentação das florestas leva à formação de ilhas ou fragmentos de vegetação nativa, isolando populações animais, pois, para muitas espécies, áreas desmatadas, agrícolas e/ou urbanizadas podem significar barreiras intransponíveis.

Dessa forma, essas espécies ficam sujeitas à erosão genética, ou perda da variabilidade gênica, que pode levar espécies à extinção. Ocorre após cruzamentos sucessivos, fazendo com que as progênes manifestem genética semelhante ao longo do tempo, com conseqüente manifestação de genes recessivos, em homozigose. Significa que os indivíduos da espécie tendem a manifestar características semelhantes de suscetibilidade e/ou resistência às mesmas intempéries, ou seja, na ocorrência de doença, praga ou condições ambientais severas, uma população inteira pode ser dizimada exatamente por terem características semelhantes de suscetibilidade.

A erosão genética animal influi diretamente na erosão genética vegetal, devido à perda de polinizadores e dispersores de sementes, podendo levar ao declínio da floresta.

A fragmentação de uma mata também aumenta consideravelmente sua área de borda. A borda de uma floresta é sempre marcada por condições bastante diferentes de seu interior devido a fatores como a maior incidência de luz, variações de temperatura, umidade e vento. Os efeitos da proximidade de uma borda são bastante evidentes nos 35 primeiros metros, mas podem causar mudanças sutis até cerca de 500 m. Como consequência, muitas espécies adaptadas à sombra (heliófilas) podem dar lugar a espécies de áreas abertas, adaptadas à maior incidência de luz (heliófilas). As bordas também são áreas muito mais sujeitas às espécies invasoras, provenientes de áreas cultivadas no entorno das matas (MOURA, 2006).

3.4.3 Ciclagem de nutrientes

Uma floresta estabelecida (ou madura) deve manter em equilíbrio dinâmico as taxas de nutrientes no solo, já que os nutrientes absorvidos são devolvidos através do fornecimento de matéria orgânica proveniente da serrapilheira.

O desmatamento causa desequilíbrio nessa ciclagem, devido à exportação de nutrientes e água, junto com o material vegetativo (como a madeira). Além disso, a redução da camada orgânica superficial facilita o carreamento de alguns nutrientes e a lixiviação de outros. A lixiviação é facilitada pela redução da CTC do solo, ao remover-se a camada de matéria orgânica (que tem alta CTC).

Na reposição ou regeneração florestal (com indivíduos em crescimento), a absorção de nutrientes é maior, em relação à reposição ao solo, pela produção de matéria orgânica, já que estes serão incorporados à planta até que esta esteja adulta (madura).

Conforme Ribeiro e Vilela (2007), 90 a 96% das plantas são constituídas por elementos orgânicos, que incluem carbono, hidrogênio e oxigênio, e 4 a 10% por elementos minerais.

De acordo com Primavesi (1981), os princípios básicos de produção vegetal e geração dos processos de fotossíntese e respiração são iguais em todo o mundo, necessitando de:

- luz solar (para a fotossíntese) e sua ausência (para a respiração);

- água;
- elementos dos quais forma seus produtos, tais como açúcares, amidos, proteínas e gorduras. Estes elementos são carbono (C), que ela capta do ar, hidrogênio (H), que ela retira da água, e oxigênio (O), que ela retira tanto do ar, do solo e da atmosfera, como da água. Estes três elementos formam o trinômio C-H₂-O, base para todos os carboidratos, como açúcares, amidos, celulose e outros. Tem-se ainda o nitrogênio (N), que os microrganismos do solo fixam do ar, e os nutrientes minerais, que a planta retira do solo, como fósforo (P), enxofre (S), cálcio (Ca), magnésio (Mg), dentre outros;
- biocatalisadores, para apressar a formação de suas substâncias (enzimas), que para funcionar necessitam de ativadores, como o potássio (K), ou de micronutrientes como manganês (Mn), ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdênio (Mo), vanádio (V), cobalto (Co), cloro (Cl), níquel (Ni), selênio (Se) e outros, além do magnésio (Mg), que sem ser micronutriente atua como ativador de enzimas catalisadoras.

Os nutrientes essenciais (tabela 4) podem ser absorvidos pelas raízes através de três processos distintos - descritos por Malavolta *et. al.*, 1989; Dechen e Nachigall, 2006; Kirkby e Romheld, 2007, citados por Pérez (2010):

- interceptação radicular: através do contato direto da raiz ou, no caso da planta ter estabelecido uma simbiose com fungos micorrízicos, através do contato direto das hifas com o nutriente;
- fluxo de massa: através da entrada da água na planta;
- difusão: de área mais concentrada no solo para menos concentrada, próxima à raiz (rizosfera), onde o fluxo de absorção é maior. No entanto, cada elemento tem sua velocidade de difusão, o que é função, basicamente, do seu grau de interação com as forças atrativas ou repulsivas do solo, altamente dependente do seu pH.

Tabela 4 – Nutrientes essenciais absorvidos no solo pelas plantas e espécies químicas preferencialmente absorvidas

IMPORTÂNCIA	ELEMENTO	FORMAS ABSORVÍVEIS
Macronutrientes primários	Nitrogênio (N)	NO_3^- e NH_4^+
	Fósforo (P)	H_2PO_4^- e HPO_4^{2-}
	Potássio (K)	K^+
Macronutrientes secundários	Cálcio (Ca)	Ca^{2+}
	Magnésio (Mg)	Mg^{2+}
	Enxofre (S)	SO_4^{2-}
	Ferro (Fe)	Fe^{2+}
	Manganês (Mn)	Mn^{2+}
	Cobre (Cu)	Cu^{2+}
Micronutrientes ou elementos traço	Zinco (Zn)	Zn^{2+}
	Molibdênio (Mo)	MoO_4^{2-}
	Cloro (Cl)	Cl^-
	Boro (B)	H_2BO_3
	Níquel (Ni)	Ni^+

Fonte: (Malavolta *et. al.*, 1989; Dechen e Nachigall, 2006; Kirkby e Romheld, 2007) citados por Pérez (2010)

Conforme Malavolta (2006), citado por Ribeiro e Vilela (2007), o nitrogênio é responsável por 5% da composição da matéria orgânica do solo (MO). Destes, cerca de 98% ocorrem na forma orgânica e somente 2% encontram-se na forma mineral. Não se deve esquecer a presença de formas gasosas (N_2 do ar do solo e dos óxidos de nitrogênio). Os compostos nitrogenados são mineralizados pelos microrganismos do solo, disponibilizando-os para as plantas. A multiplicação e a atividade dos microrganismos que decompõem os restos vegetais e animais, transformando-os em MO, exigem a assimilação de N mineral em protoplasma microbiano. O nitrogênio pode ser adicionado ao solo como fertilizante mineral, restos orgânicos, águas das chuvas (que arrastam o N da atmosfera combinado com oxigênio) e pela fixação biológica. Pela decomposição do nitrato, do nitrito e a volatilização da amônia, parte do N fixado volta à atmosfera de onde veio, fechando o ciclo. Além da remoção pelas culturas, o nitrogênio pode ser perdido por lixiviação, volatilização (especialmente em condições de anaerobiose, como em solos encharcados) e erosão.

Trabalhos apresentados por Van Raij (1991), citados por Ribeiro e Vilela (2007), mostraram que o nitrogênio é o nutriente que mais se perde por erosão. De todo o nitrogênio perdido por lixiviação, cerca de 9% encontram-se na forma de nitrato. Isso se deve a sua alta solubilidade na água e ao fato de possuir cargas negativas, ou seja, mesma carga do complexo de troca.

A absorção de N via radicular ocorre em ordem decrescente de preferência, nas formas de aminoácidos (A), amidas, uréia, NH_4^+ e NO_3^- , sendo que as formas de

NH_4^+ e NO_3^- dependem da mineralização⁶ da matéria orgânica e do pH do solo, pois se o pH é ácido há o predomínio de NH_4^+ , e se o pH tende à neutralidade, temos o NO_3^- .

O fósforo entra no sistema do solo através de resíduos vegetais e animais ou por fertilizantes. Os resíduos liberam o P para o solo ao sofrerem mineralização e os fertilizantes disponibilizam-no diretamente para a planta. O P pode ser perdido por lixiviação (pouco significativa), mas principalmente pela erosão, ocorrendo assim a sua saída do sistema solo-planta (RIBEIRO; VILELA, 2007).

O K entra no sistema do solo através de resíduos vegetais e animais (adubação orgânica) e via fertilizantes minerais. Esse K adicionado pode ser perdido por lixiviação (RIBEIRO; VILELA, 2007). Segundo Van Raij (1991), as plantas possuem a tendência de assimilar K em quantidades que excedem suas necessidades quando há grande disponibilidade de K (“consumo supérfluo” ou “de luxo”), pois sua absorção em excesso não aumenta o rendimento das culturas.

Como pode ser observado, pH mais elevados (próximos de 7,0) indicam maior percentual de assimilação de N, P, K, S, Ca e Mg pelas plantas (tabela 5).

Tabela 5 – estimativa de variação percentual da assimilação dos principais nutrientes pelas plantas em função do pH do solo

ELEMENTOS	PH					
	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
N	20	50	75	100	100	100
P	30	32	40	50	100	100
K	30	35	70	90	100	100
S	40	80	100	100	100	100
Ca	20	40	50	67	83	100
Mg	20	40	50	70	80	100
Médias	26,7	46,2	64,2	79,5	93,8	100

Fonte: Alcarde et al (1998) apud Pérez (2010)

Segundo Lopes (1937), citado por Ribeiro e Vilela (2007), os macronutrientes primários geralmente tornam-se deficientes no solo antes dos demais, devido a maior utilização desses nutrientes pela planta. Dessa forma, espera-se que uma floresta tenha um efeito na absorção de poluentes ricos em N, P e K, principalmente.

Pode-se constatar que a absorção de nutrientes pela planta através da difusão é altamente dependente da concentração do nutriente no solo. Por fluxo de massa, essa absorção é altamente dependente da umidade; e a absorção por interceptação radicular é dependente do contato direto do nutriente com a raiz,

⁶ Mineralização é o processo de transformação de material orgânico em mineral, que é a forma absorvível pelas plantas.

aumentado com a associação de fungos micorrízicos (que aumentam essa área de contato).

A raiz da planta absorve oxigênio e expira gás carbônico. Gás carbônico não é tóxico à raiz em concentrações menores que 3%. As condições anaeróbias criadas em área encharcada – ou com atividade microbiológica elevada pelo consumo excessivo de oxigênio – afetam o desenvolvimento das plantas. Dessa forma, plantas que sempre vivem em ambiente anaeróbio, como em áreas alagadas, possuem sistema específico de ventilação que transporta oxigênio das folhas à raiz ou podem absorver oxigênio do solo em forma dissolvida na água (PRIMAVESI, 1981).

Considerando esses fatores, pode-se dizer que os ecossistemas ciliares têm características muito particulares na absorção dos nutrientes pela planta devido à presença de áreas com elevada umidade do solo. A redução dessa umidade, na medida em que se distancia do canal de defluxo, permite que se desenvolva, ainda em área ciliar, uma grande diversidade de espécies florestais e, conseqüentemente, animais (ou vice-versa).

A mata ciliar pode absorver nutrientes carregados pela água da chuva, mas também os nutrientes que são lixiviados e chegam às áreas ciliares através do escoamento de base.

3.4.4 Matas ciliares e qualidade da água

As matas ciliares, localizadas ao longo de corpos hídricos e legalmente protegidas, são áreas de preservação permanente. São importantes corredores de circulação animal, já que ligam a floresta com a água, em áreas de altitudes elevadas e baixas, planas ou onduladas. Dessa forma, esses corredores ecológicos facilitam a interação de animais de habitats diferentes.

Porém, para o interesse humano imediato, as matas ciliares têm maior importância na preservação dos recursos hídricos superficiais.

Há diversos termos para definir essas áreas, como os apresentados por Kobiyama (2003), na tabela 6, cujas definições são complementares.

De acordo com Nascimento (2001), as matas ciliares são comunidades vegetais, com estrutura de floresta, mas com a presença de arbustos, cipós e estrato herbáceo, de extensão longa e estreita (faixas), situadas ao longo das margens de rios e ao redor de nascentes e corpos d'água.

Salvador (1987), citado por Kobiyama (2003) utilizou a terminologia floresta ripícola ou ciliar e a definiu como sendo a vegetação arbórea das margens dos rios, que desempenha funções ecológicas e hidrológicas importantes em uma bacia hidrográfica.

Dilaha *et. al* (1989), também citados por Kobiyama (2003), utilizaram muito apropriadamente o termo “faixa ciliar de filtragem” (*vegetative filter strip*), definindo-a como área de vegetação estabelecida para remover sedimento e outros poluentes a partir do escoamento superficial através de filtragem, deposição, infiltração, adsorção, absorção, decomposição e volatilização. Como foi descrito anteriormente, o processo de absorção de nutrientes pela planta é dependente de água. Por estar em área com disponibilidade de água permanente (no caso de rios perenes), é realmente esperado que ocorram maiores absorções de poluentes pelas florestas nas áreas ciliares, em relação a áreas com solo seco.

A Sociedade Japonesa de Engenharia de Controle de Erosão (THE JAPAN SOCIETY OF EROSION CONTROL ENGINEERING, 2000 apud KOBİYAMA, 2003) utiliza a terminologia “zona ripária” e “de armazenamento” como sendo aquela que influencia fortemente a transferência de energia, nutrientes, sedimentos etc. entre os ecossistemas terrestre e aquático e minimiza os efeitos físicos, químicos e biológicos dos usos da terra sobre os ambientes vizinhos.

Tabela 6 – Terminologias utilizadas para a definição das áreas de preservação permanente localizadas ao longo de corpos hídricos

AUTOR	TERMINOLOGIA
NASCIMENTO (2001); SELLES <i>et. al</i> (2001); RODRIGUES (1981)	mata ciliar
NASCIMENTO (2001)	mata de galeria
NASCIMENTO (2001)	mata ripária
DIAS (2001)	áreas de preservação permanente ciliares
RODRIGUES (2000)	formação ribeirinha
SOUZA (1999)	vegetação ripária
BRASÃO; SANTOS (1997)	áreas das formações pioneiras com influência fluvial e lacustre (vegetação aluvial)
SCHIAVINI; (1997); BARBOSA (1997)	floresta de galeria
TORRES <i>et. al</i> (1992)	floresta de brejo
MANTOVANI (1989)	floresta paludosa ou de várzea
MANTOVANI (1989)	mata aluvial
MANTOVANI (1989)	floresta de condensação
MANTOVANI (1989); RODRIGUES (1981)	floresta ripária
NASCIMENTO (2001)	floresta ribeirinha
SALVADOR (1987)	floresta ripícola ou ciliar
OHTA E TAKAHASHI (1999); THE JAPAN SOCIETY OF EROSION CONTROL ENGINEERING (2000)	zona de armazenamento (<i>buffer</i>)
BREN (1997)	armazenamento do rio (<i>Stream Buffer</i>)
BREN (1998)	faixa de armazenamento (<i>Buffer Strip</i>)
NRCS (1997)	armazenamento florestal ripariano (<i>Riparian Forest Buffer</i>)
GREGORY <i>et. al</i> (1991); BREN (1993); HUPP; OSTERKAMP (1996); GEORGIA ADOPT-A-STREAM (2002); WEBB; ERSKINE (2003); OHTA E TAKAHASHI (1999); THE JAPAN SOCIETY OF EROSION CONTROL ENGINEERING (2000); CHECCHIA (2003)	zona ripária
GREGORY; ASHKENAS (1990); THE JAPAN SOCIETY OF EROSION CONTROL ENGINEERING (2000)	zona de manejo ripário
GREGORY; ASHKENAS (1990); McKERGOW <i>et. al</i> (2003)	área ripária
DILLAHA <i>et. al</i> (1989)	faixa vegetal de filtragem

Fonte: Autora, 2012, adaptado de Kobiyama (2003) com acréscimos de Nascimento (2001)

A formação florestal em torno de corpos hídricos naturais tem particularidades fisionômicas, florísticas e estruturais. Pelo elevado número de espécies, apresenta adaptação e tolerância a inundações temporárias, as quais se tornam um componente de fundamental importância ecológica para a manutenção da fauna, dos solos e dos recursos hídricos (NASCIMENTO, 2001).

Tal como os cílios protegem os olhos, as matas ciliares protegem os cursos d'água, funcionando como filtros. De acordo com Checchia (2003), estudos sobre a influência de zonas ripárias na qualidade da água mostram sua eficiência para reduzir impactos provenientes de poluição difusa e pontual sobre corpos d'água. De acordo com Andrade et al. (2005), as matas ciliares têm a capacidade de reter defensivos agrícolas, poluentes e sedimentos transportados que possam afetar a qualidade da água e, conseqüentemente, a fauna aquática e a população humana.

As matas ciliares também reduzem a velocidade do vento e a incidência de radiação solar, evitando picos de temperatura (reduzindo amplitudes), criando

microclima favorável ao equilíbrio dinâmico do ecossistema tanto aquático quanto terrestre.

As BMPs (*Best Management Practices*), ou Melhores Práticas de Gestão de Recursos Hídricos, incluem as matas ciliares pela sua capacidade de absorção de poluentes em tecidos vegetais, adsorvidos em partículas do solo, ou modificados por organismos do solo (KLAPPROTH; JOHNSON, 2009).

Segundo Venturieri *et al.* (2005), a redução da mata ciliar favorece não somente o processo erosivo, mas, sobretudo, o escoamento superficial e sub-superficial das águas.

ÁREAS CILIARES

Conforme Checchia (2003), uma área ciliar saudável auxilia a filtragem de sedimentos, a estabilização de taludes, o armazenamento e a eliminação da água na bacia e a recarga de aquíferos, além de influenciar nas demais áreas adjacentes, aumentar os benefícios à fauna local, influenciar no controle da erosão, na qualidade da água, e retardar eventos de cheias. Funciona, também, como redutor da radiação solar, minimizando as flutuações de temperatura nos cursos d'água.

A amenização de eventos de inundação e estabilização de taludes se dá uma vez que caules ou troncos da vegetação ciliar reduzem a energia proveniente do escoamento superficial e suas raízes auxiliam a fixação do solo, com importante função na infiltração da água. Essa vegetação provê alimentos e abrigo para os pequenos animais e pássaros, assim como as raízes e os restos de vegetação ao longo do curso d'água fornecem alimento e abrigo para peixes e outros organismos aquáticos. As copas das árvores fornecem sombra para o curso d'água, tornando-a mais fresca e, portanto, habitável para uma grande quantidade de espécies de peixes (CHECCIA, 2003).

Ao contrário da grande controvérsia existente na definição ou no conceito de zona ripária, claramente argumentada por Kobiyama (2003), nota-se entre os estudos um consenso: a estimativa de faixas depende da função que ela deverá exercer. É claro que a aplicabilidade dessas funções é dependente da interação de diversos fatores, como tipo de solo, topografia, uso do solo a montante, dentre outros. Dessa forma, a pergunta “qual seria a largura de faixa ripária vegetativa suficiente ou ideal” não pode ser tão facilmente respondida do ponto de vista científico, em virtude da complexidade dos ecossistemas e da própria dinâmica dos processos envolvidos (CHECCHIA, 2003).

Segundo Checchia (2003), os benefícios das áreas ciliares estão ligados diretamente ao tipo de vegetação,, determinando a relação entre o benefício da zona ripária e o tipo de vegetação predominante, conforme apresentado na tabela 7.

Tabela 7 – Relação entre benefício da zona ripária e o tipo de vegetação predominante

BENEFÍCIO	TIPO DE VEGETAÇÃO		
	GRAMÍNEA	ARBUSTIVA	FLORESTA
Estabilização de taludes	baixo	elevado	elevado
Filtros de sedimentos, nutrientes, pesticidas e micróbios	elevado	baixo	baixo
Filtro de nutrientes solúveis, pesticidas	médio	baixo	médio
Habitat aquático	baixo	médio	elevado
Habitat animais selvagens campestres	elevado	médio	baixo
Habitat animais selvagens florestais	baixo	médio	elevado
Diversidade visual	baixo	médio	elevado
Proteção contra inundações	baixo	médio	elevado

Fonte: Sthohmeier (2003) apud Checchia, 2003

Conforme Checchia (2003), uma área ciliar doente pode ser caracterizada por:

- redução na capacidade de armazenamento de água;
- redução na produção de serrapilheira;
- pouca sombra, ocasionando aumento da temperatura da água;
- redução de qualidade do habitat da fauna aquática;
- redução da qualidade da água;
- pequena diversidade no habitat de vida selvagem;
- pouca vegetação e raízes que contribuem para a estabilização de taludes;
- redução na capacidade de retardar eventos de cheias.

Silva A. *et. al.* (2011) e autores citados por Silva (2003), como Mander *et. al* (1997), Reid e Hilton (1998), CRJC (2003), descreveram serviços ambientais ou funções prestadas pela mata ciliar. As descrições destes autores totalizam 11 funções prestadas pela mata ciliar: (1) estabilização de taludes e encostas, evitando assoreamento; (2) manutenção da morfologia do rio e proteção a inundações; (3) retenção de sedimentos e nutrientes, matéria orgânica, fertilizantes e pesticidas utilizados em áreas agrícolas; (4) mitigação da temperatura da água e do solo; (5) fornecimento de alimento e habitat para organismos aquáticos; (6) manutenção de corredores ecológicos possibilitando o fluxo gênico de fauna e flora; (7) paisagem e recreação; (8) fixação do gás carbônico; (9) interceptação de escombros rochosos; (10) favorecimento da infiltração da água no solo e a recarga de aquíferos; (11) refúgio de polinizadores e inimigos naturais de pragas e culturas.

Silva (2003) apresentou a descrição das funções ambientais da mata ciliar descritas por Mander *et. al* (1997), Reid e Hilton (1998), CRJC (2003):

- A estabilização de taludes e encostas se dá pela formação junto ao solo de uma manta protetora contra a erosão causada pela chuva e pelo escoamento superficial. Em encostas, as raízes das plantas contribuem para a fixação do solo acima da camada de rocha.
- A vegetação garante a preservação dos meandros nos rios, mantendo a sua morfologia e diminuindo a velocidade do escoamento. Consequentemente, diminui a erosão, aumentando a infiltração da água no solo durante as inundações. Também por infiltração, diminui a quantidade de água que chega ao rio (FRY *et al.*, 1994), fazendo com que o transbordamento seja menor (diminuição do pico de cheia) e, em consequência, os danos causados.
- Funcionando como um filtro, a vegetação ciliar retém sedimentos e nutrientes provenientes de alterações a montante (atividades agrícolas, desmatamentos para corte, etc.) pela diminuição da velocidade de escoamento superficial e pelo favorecimento da infiltração dos nutrientes para degradação. Contribui, dessa forma, para a manutenção da qualidade do rio.
- A interceptação dos raios solares gera sombras sobre o rio, regulando a temperatura e a umidade do ar. No rio, a redução da temperatura máxima favorece a oxigenação e reduz o estresse de peixes e outros organismos aquáticos. No solo, diminui a temperatura na superfície, favorecendo a conservação da umidade.
- A vegetação ciliar contribui para o rio com escombros lenhosos (restos de galhos e troncos), folhas e insetos, que podem formar degraus de piscina (*step-pool*), providenciando cobertura para peixes e podendo fornecer alimento e habitat aos organismos aquáticos.
- As faixas contínuas de mata ciliar são importantes corredores ecológicos, que favorecem a movimentação de diversas espécies que se inter-relacionam através da paisagem. Essas faixas são muito importantes para a manutenção da interação gênica, conforme descrito anteriormente.

- Como toda floresta, as florestas ripárias contribuem para a fixação de gás carbônico, um dos grandes responsáveis pelo efeito estufa. O gás se integra à biomassa da floresta, e esta por sua vez libera oxigênio.
- A vegetação ripária arbórea pode funcionar como barreira contra sedimentos (pedras) vindos de montante. Estes sedimentos podem vir acompanhados de água (*debris flow*) ou sem água (*dry debris flow*).
- A vegetação ripária, mais precisamente as árvores, pode funcionar como barreiras contra sedimentos (pedras) vindos de montante.

LARGURA DAS FAIXAS CILIARES

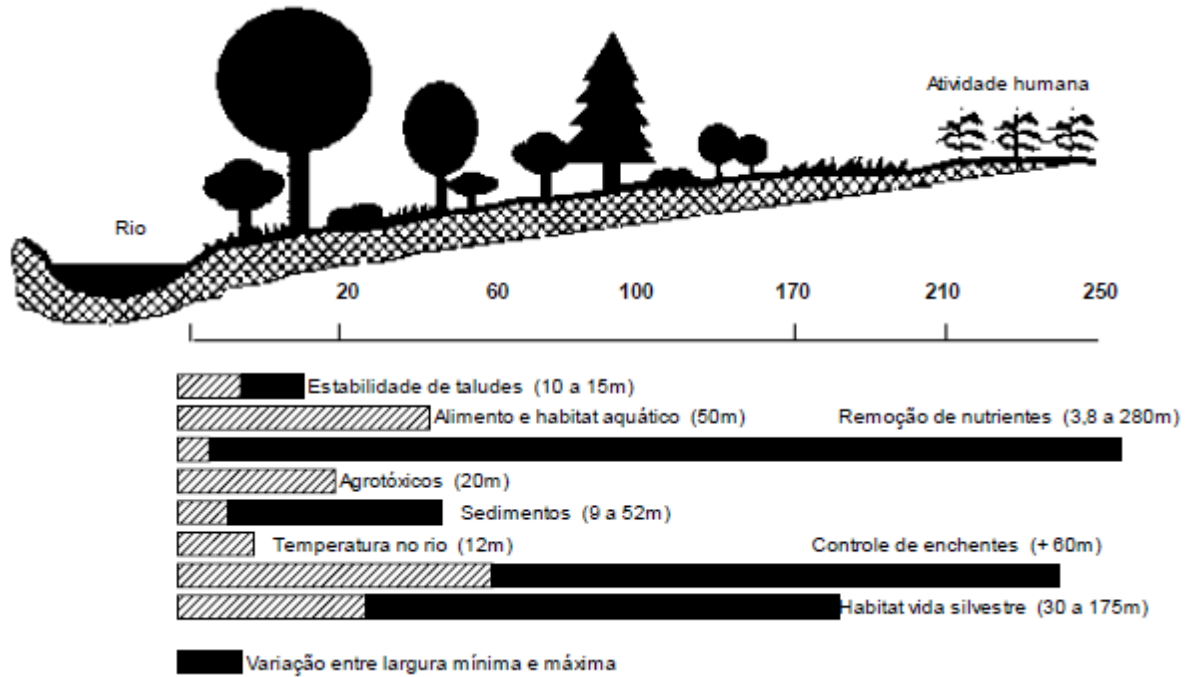
Sapackman e Hughes (1995), citados por Silva (2003), inseriram um importante conceito, não descrito no Código Florestal (discutido mais adiante), que foi a definição da “marca da maior altura de água” (HWM: *High Water Mar*), ou seja, o ponto de partida para o início da medida da faixa ciliar. Conforme esses autores, essa marca corresponde à altura alcançada pela mais alta cheia em um intervalo de tempo de 1 a 3 anos. Com esta definição é possível ter um embasamento para as medições das faixas ciliares determinadas por lei (mínima de 30 metros).

NRCS (1997) e Mander (1997), também citados por Silva (2003), dividiram a área ciliar em 3 sub-áreas (chamadas de zonas ripárias), de acordo com a sua função: (1) área mais próxima do rio, formada por árvores e arbustos que providenciam um importante habitat para a vida silvestre, fornece alimento para organismos aquáticos e sombra para mitigar temperaturas do rio, além de auxiliar na estabilização de taludes; (2) área com presença de árvores e arbustos, que interceptam sedimentos, nutrientes, pesticidas e outros poluentes em escoamentos superficiais e sub-superficiais; (3) área formada geralmente por vegetação rasteira (herbáceas e gramas), que providencia uma primeira defesa, auxiliando as áreas 1 e 2.

Como pode ser observado nas figuras 14 e 15, as faixas ciliares ideais variam conforme a sua função ambiental. As larguras máximas e mínimas ideais também são variáveis de acordo com a metodologia empregada para a sua determinação, assim como pelas diferenças entre parâmetros que caracterizam a área, como tipo de solo, vegetação, declividade, vazão, etc. Dessa forma, conforme dados observados na literatura, observa-se que a faixa mínima exigida por lei (30m) pode superar o ideal (como é o caso das faixas para estabilização de taludes) ou pode ser

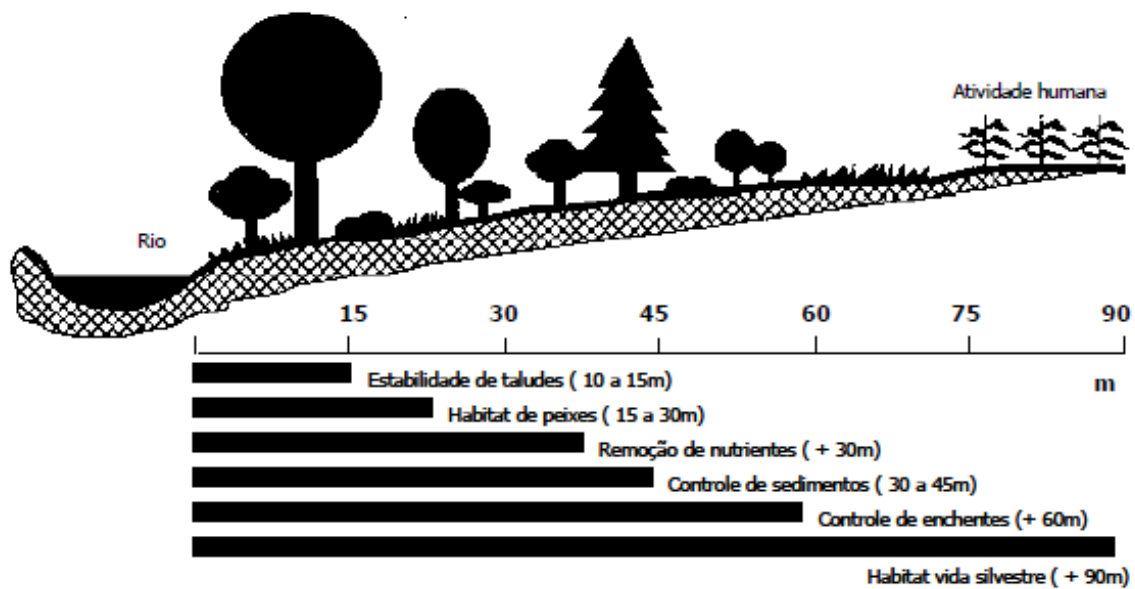
muito inferior ao ideal (como é o caso da faixa para manutenção do habitat para a vida silvestre).

Figura 14 – Combinação entre as faixas recomendadas pela CRJC (2003) e os resultados obtidos nos estudos de diversos autores



Fonte: Silva (2003)

Figura 15 – Larguras ideais para as funções das zonas ripárias



Fonte: Silva (2003); adaptado de CRJC (2003)

3.5 Parâmetros de qualidade de água

A qualidade da água é um termo usado para expressar sua adequação em manter processos e/ou usos diversos (BARTRAN; BALANCE, 1996). É reflexo do efeito combinado de muitos processos que ocorrem ao longo do caminhar das águas no solo (PETERS; MEYBECK, 2000), incluindo o ambiente de origem, por onde circulam, percolam ou onde são armazenadas (REBOUÇAS et al., 2002). Porém, a ação antrópica vem se tornando crescente fator de influência, de acordo com a conformação de uso e ocupação do meio físico e das atividades socioeconômicas (REBOUÇAS et al., 2002).

Margalef (1994), citado por Bueno et al. (2005), ressalta que os vários processos que controlam a qualidade da água de um rio fazem parte de um complexo equilíbrio. Ainda, segundo o mesmo autor, esse é o motivo pelo qual qualquer alteração na bacia hidrográfica pode acarretar alterações significativas. As características físicas, químicas e biológicas da água são indicadores da “saúde” do ecossistema terrestre e podem ser utilizadas para o controle e o monitoramento das atividades desenvolvidas em uma bacia hidrográfica. Da mesma forma, de acordo com Lima E. (2001), a qualidade da água não se traduz apenas pelas suas características físicas e químicas, mas pela qualidade de todo o recurso hídrico, envolvendo a saúde e o funcionamento equilibrado do ecossistema, incluindo aí as plantas, a comunidade aquática e seus habitantes.

A vegetação presente na área ripária atua como barreira biogeoquímica para a entrada de espécies químicas orgânicas e inorgânicas nos rios, como sumidouros de nutrientes. Esse fato confere à vegetação ripária arbórea grande importância na manutenção da qualidade da água e na saúde do ecossistema aquático (CORREL et al., 1992). Amplos estudos da dinâmica de nutrientes da mata ciliar indicam que a maioria de nutrientes e sedimentos, tanto nos fluxos de águas subterrâneas como superficiais das terras cultiváveis, são removidos dentro da floresta, antes que eles cheguem ao canal de fluxo (BARTRAN; BALANCE, 1996).

Trabalhando na bacia do rio Jacaré-Pepira, no município de Brotas (SP), Joly et al. (2000), citados por Silva A. et al. (2011), determinaram em campo, a partir do uso de parcelas de erosão, que a perda anual de solo em pastagem é da ordem de 0,24 t/ha, enquanto que no mesmo tipo de solo, com a mesma declividade e distância do rio, a perda anual de solo no interior da mata ciliar foi da ordem de 0,0009 t/ha.

Estudos conduzidos pela Embrapa e parceiros, conforme relatado por Figueiredo (2009), citado por Silva A. et al (2011), mostraram que, em áreas de cabeceira onde a floresta foi severamente modificada, foram observadas alterações significativas: a) nas concentrações de potássio, cálcio, magnésio, amônio, cloreto, sulfato, nitrato e carbono orgânico dissolvido; b) como também nos parâmetros de qualidade de água como a turbidez, condutividade, pH, temperatura e oxigênio dissolvido – quando comparadas com áreas de cabeceira onde a floresta está relativamente conservada.

Diante do exposto, verifica-se que a presença ou ausência da mata ciliar interfere na qualidade da água dos mananciais. Apresentamos, a seguir, alguns estudos sobre a relação entre os indicadores físicos, químicos e microbiológicos da água e a presença/ausência de mata ciliar.

3.5.1 Parâmetros físicos

A floresta ripária reduz a formação de bancos de sedimentos e regula a temperatura da água (DUDLEY; STOLTON, 2003). Estes fatores têm influência sobre todos os parâmetros, direta ou indiretamente.

O carreamento de sedimentos influi diretamente sobre a quantidade de sólidos dissolvidos, suspensos ou sedimentáveis presentes na água, e afeta a qualidade da água física, química e biologicamente. Sedimentos geralmente carregam matéria orgânica ou resíduos industriais, nutrientes adsorvidos e produtos químicos tóxicos (COOK, 1996). Em áreas urbanas, os esgotos clandestinos jogados na rede de drenagem também são carreados com as águas das chuvas.

TEMPERATURA (°C)

As variações de temperatura da água são parte do regime climático natural, diário e sazonal (MATHEUS et al., 1995 apud DONADIO et al., 2005) e são uma condição ambiental muito importante em diversos estudos relacionados ao monitoramento da qualidade de águas.

O aumento da temperatura provoca o aumento da velocidade das reações físicas, químicas e biológicas, reduz a solubilidade dos gases e aumenta as taxas de transferência dos mesmos, podendo gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odor desagradável.

Matheus et al. (1995) citados por Donadio et al. (2005) sustentam que a maioria das espécies animais e vegetais tem exigências definidas quanto às

temperaturas máximas e mínimas toleradas, e de acordo com Madgan et al. (1997), a maior parte dos organismos possui faixas de temperatura "ótimas" para a sua reprodução.

Trabalhos de Bartran e Balance (1996) mostraram ser a amplitude térmica anual da água na superfície de lagos tropicais de apenas 2 a 3°C na superfície, podendo ter valores ainda menores em profundidades superiores a 30m e, por isso, ser considerada diferença significativa uma amplitude térmica acima de 3°C.

Já a Resolução CONAMA 430/2011 estabelece que a variação de temperatura do corpo receptor, devido ao lançamento de efluentes, não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura, assim como a temperatura não deve ultrapassar o limite de 40°C.

Segundo Arcova et al. (1993), citados por Bueno et al. (2005), a radiação solar é a principal variável que controla a temperatura da água de pequenos rios. E segundo Swift e Messer (1971) e Sugimoto et al. (1997), citados por Donadio et al. (2005), a manutenção da vegetação ciliar é a maneira mais efetiva de prevenir o aumento da temperatura da água.

TURBIDEZ (UNT)

A turbidez tem relação direta com a presença de sólidos suspensos na água. É agravada pela erosão e aporte de sedimentos provenientes de despejos domésticos e industriais, incluindo microorganismos (VON SPERLING, 2005).

COR (UC)

De acordo com Von Sperling (2005), a cor pode estar também relacionada à presença de ferro e manganês na água, assim como de resíduos industriais e esgotos. A decomposição de matéria orgânica, associada à presença de raízes das áreas ciliares, pode ser outro fator de contribuição para a cor.

A cor aparente, diferentemente da verdadeira, inclui a parcela de turbidez presente na água (VON SPERLING, 2005), de forma que o aporte de sólidos sedimentáveis também pode afetar diretamente esta variável.

SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mL/L) e SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (mg/L)

Os sólidos sedimentáveis contribuem para o assoreamento dos corpos d'água, após sua decantação.

Os sólidos totais dissolvidos incluem partículas de matéria orgânica e sais e têm relação direta com a cor.

Diversos fatores influenciam a capacidade de retenção de sedimentos provenientes da drenagem urbana pela mata ciliar, incluindo frequência e intensidade de chuvas, tamanho e carga de sedimentos, tipo de inclinação, e densidade da vegetação ciliar, a qual influencia na presença ou na ausência da camada de serrapilheira, estrutura do solo e padrões de drenagem subterrânea. (OSBORNE; KOVACIC 1993 apud KLAPPROTH; JOHNSON, 2009).

A mata ciliar representa importante papel na retenção de sedimentos. Estudos de Peterjohn e Correl (1984) na bacia do Rio Rhode, Washington (EUA), em área de 10 ha de produção de milho, mostraram que 90% das cargas anuais de sedimentos em suspensão foram retidos na área de mata ciliar com 5,9 ha. De acordo com os mesmos autores, também citados por Klapproth e Johnson (2009), efeitos semelhantes de retenção de sedimentos pela mata ciliar foram observados por outros autores em ocasião chuvosa na planície costeira da Carolina do Norte (DANIELS; GILLIAM, 1985; COOPER et al. 1986) e na planície costeira interna da Geórgia (LOWRANCE et al. 1984).

Em experimento na Universidade Virginia Tech, nos Estados Unidos, investigadores demonstraram que as gramíneas, antes da saturação, removem cerca de 90% do sedimento, porém, após a saturação, a remoção é de apenas 5% (DILLAHA et al., 1989 apud KLAPPROTH; JOHNSON, 2009).

Conforme citado por Silva A. et al. (2011), estudos da Embrapa Pantanal mostraram incremento de até 70% na entrada de sólidos suspensos e nutrientes na parte alta do rio Taquari – localizado nos Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul – na época chuvosa, em decorrência da erosão ocasionada pelo desmatamento.

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (MS/CM)

A condutividade elétrica fornece importantes informações sobre o metabolismo do ecossistema, ajudando a detectar fontes poluidoras nos sistemas aquáticos, como a presença de íons metálicos. Quando seus valores são altos, indicam grau de decomposição elevado, e o inverso (valores reduzidos) indica acentuada produção primária – sendo, portanto, uma maneira de avaliar a disponibilidade de nutrientes nos ecossistemas aquáticos (SIPAÚBA-TAVARES; 1994 apud NUNES; 2009). Em geral, condutividade elétrica superior a 100 mS/cm é característica de ambiente impactado (CETESB, 2012).

Ballester et al. (2003) identificaram, em estudos na Amazônia, aumento da condutividade elétrica associado ao aumento de fosfato, sódio, cloreto e potássio na água do rio Ji-Paraná após substituição de floresta por pastagem.

A condutividade pode também representar indícios de salinização da água. Esta é uma análise importante para a região de Maceió, onde o risco de intrusão salina da água do mar é aumentado pelas práticas comuns de rebaixamento de lençol freático para construção de obras civis, tal como descrito por Souza *et. al* (2009). Ressalta-se ainda o fato de que 68% da população de Maceió é abastecida por água subterrânea (CASAL, 2012a).

3.5.2 Parâmetros químicos

POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH)

O (pH) fornece indícios sobre a qualidade hídrica, representando a concentração de íons de hidrogênio na água, dando uma indicação sobre suas condições de acidez, alcalinidade ou neutralidade. Tem relação direta com sólidos e gases dissolvidos na água, como oxigênio e nitrogênio (em suas diferentes formas), dentre outros. Despejos domésticos e industriais afetam diretamente o pH da água, assim como a absorção de gases pela atmosfera, a oxidação da matéria orgânica, a fotossíntese e o tipo de rochas e solo por onde a água escoou.

Dessa forma, as matas ciliares influenciam diretamente o pH ao filtrar o material que chega até a água e que afetará os processos de oxi-redução relacionados.

Peterjohn e Correll (1984) observaram aumento do pH de águas provenientes da drenagem de água de áreas agrícolas, após a passagem pela mata ciliar. Porém, em caso de pH muito alto, a mata ciliar poderia contribuir para a sua redução através de processos de degradação microbiológica do material que contribuísse para este aumento.

FERRO (FE)

Conforme Piveli e Kato (2005), o nível de ferro nas águas superficiais aumenta nas estações chuvosas, devido ao carreamento de solos e à ocorrência de processos de erosão das margens dos rios. O carreamento de solos é agravado pela ausência de floresta em geral, e a erosão das margens é agravada pela ausência de mata ciliar.

O ferro pode contribuir com as concentrações de sólidos em suspensão (forma oxidada) ou dissolvidos (forma reduzida). Em sua forma insolúvel (oxidada), precipita-se, contribuindo para a elevação da cor na água (VON SPERLING, 2005).

NITROGÊNIO (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) E FÓSFORO (PT)

O nitrogênio e o fósforo são constituintes de proteínas e vários outros compostos biológicos, de forma que todo o material orgânico – como despejos domésticos, resíduos animais e vegetais – é fonte desses elementos. Da mesma forma, os diversos organismos aquáticos são dependentes dos mesmos.

Atualmente, o uso de adubos nitrogenados e fosfatados vem contribuindo para o incremento desses nutrientes no solo, os quais, carregados com a água da chuva, têm sua concentração elevada na água. O uso de detergentes é mais um fator de incremento de fósforo. Por outro lado, a floresta é grande consumidora desses nutrientes, considerados macronutrientes exatamente por serem necessários em grande quantidade.

Seu incremento na água pode levar à proliferação exagerada de algas, ou eutrofização, na medida em que envolve o consumo de oxigênio para a transformação de amônio (NH_4^+) em nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-).

Devido aos níveis excessivos de nitrogênio e fósforo em corpos de água doce superficiais, a função da mata ciliar como filtro desses nutrientes tem sido atualmente objeto de estudo (KLAPPROTH; JOHNSON, 2009).

Correl (1992) associou a elevação dos níveis de fósforo, em regiões cultivadas, à erosão e ao carreamento de solos.

Embora o excesso de fósforo possa vir também de fontes como adubos, matéria orgânica e adubo animal, este é um elemento muito suscetível à erosão pelo fato de estar concentrado nas camadas superficiais do solo, podendo ser facilmente carregado junto a outros sedimentos (COOK, 1996).

Segundo Ballester et al. (2002), a substituição de florestas por pastagem indicou mudanças drásticas na concentração de fosfato em rios. E, de acordo com análise do autor, no rio Ji-Paraná, na Amazônia, um aumento de 10% na área de pastagem pode resultar em um aumento de três vezes a concentração de fosfatos na água.

Gillian (1994) mostraram experimentos com remoção de mais de 90% na concentração de sedimentos e de nitrato e aproximadamente 50% de fósforo da água escoada através da mata ciliar. Estudos citados por Klapproth e Johnson

(2009), realizados por Dillaha et al. (1989) na Universidade Virginia Tech, apresentaram resultados semelhantes; faixas de proteção de 30m de largura removeram 89% do fósforo de escoamento, enquanto em 15m de largura somente 61% foram removidos. Embora as faixas de gramínea e de floresta tenham apresentado resultados semelhantes, os estudos apontaram que, em ocasião de chuvas, as faixas com gramíneas retornam o fósforo, enquanto que em áreas de mata elas se mantêm estáveis.

Peterjohn e Correll (1984) estimaram que 89% de nitrogênio são removidos pela área ripária, principalmente nos primeiros 62m de faixa ciliar. Os mesmos autores citaram diversos trabalhos como o de Correl *et. al.* (1992), que observaram drástica redução na concentração de nitrato quando as águas de drenagem passam por mata ciliar antes de atingir as águas dos igarapés, sendo 80% do nitrato retido pelas matas ciliares. Os mesmos autores citaram trabalhos com efeitos semelhantes de retenção de nitrato em matas ciliares, documentados em época chuvosa na planície costeira da Carolina do Norte (JACOBS; GILLIAM, 1985; COOPER et al., 1986), e na planície costeira interna da Geórgia (68% de redução em área de floresta decidual) (LOWRANCE et al. 1984).

Klapproth e Johnson (2009) citaram trabalhos com efeitos semelhantes: redução de 48% de nitrogênio proveniente de áreas agrícolas, após passar em APPs, na bacia do Riacho Nomini, nordeste de Richmond, Virginia (EUA) (SNYDER et al., 1995); redução de 95% na costa leste de Maryland (JORDÂNIA et al., 1993) e, finalmente, uma redução de até 100% na Nova Zelândia, onde os fluxos de subsuperfície da água passaram por solos orgânicos antes de entrar em rios (COOPER, 1990).

Os estudos de Snyder et al. (1995), citados por Klapproth e Johnson (2009), demonstraram que a redução de nitrato é maior em matas ciliares com solos altamente orgânicos. Testes de laboratório mostraram que as taxas de desnitrificação associadas foram 10 vezes maior em solos com 16% de matéria orgânica do que em solos contendo apenas 1,5%. Esses estudos e outros apóiam a hipótese de que o principal mecanismo de remoção de nitrato por florestas ribeirinhas é a desnitrificação.

A desnitrificação é um processo pelo qual o nitrogênio na forma de nitrato (NO_3^-) é convertido em N_2O e N_2 gasosos lançados na atmosfera (KLAPPROTH; JOHNSON, 2009).

Para que a desnitrificação ocorra, certas condições do solo devem estar presentes: populações saudáveis de bactérias desnitrificantes e quantidade suficiente de carbono orgânico disponível (LOWRANCE et al., 1995). O solo rico em matéria orgânica e com alto potencial de redução faz com que estes tenham alto potencial de remoção de nitrato (ANGIER, *et. al.*, 2005)

O nitrogênio pode ser removido do solo ao ser incorporado pelas plantas e pelos microrganismos do solo.

As plantas podem absorver grandes quantidades de nitrogênio, incorporando-o ao material vegetativo. No entanto, grande parte é devolvida ao solo através da decomposição do material vegetal. Cientistas estimam que, em Maryland, na Carolina do Norte, matas ciliares decíduas consumiram até 69 kg/ha.ano de nitrogênio, mas retornaram 80% em forma de matéria orgânica (PETERJOHN; CORRELL, 1984).

No entanto, Correll (1997), citado por Klapproth e Johnson (2009), sugeriu que a absorção vegetal ainda é um mecanismo muito importante para a remoção de nitrato em sistemas ribeirinhos, porque a vegetação (principalmente árvores) remove nitratos em camadas profundas do solo, converte o nitrato em azoto orgânico nos tecidos vegetais, e em seguida deposita o material vegetal na superfície do solo, onde o nitrogênio pode ser mineralizado e desnitrificado pelos microrganismos do solo.

OXIGÊNIO (OD) E DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO₅)

A solubilidade do oxigênio na água varia com a altitude, a temperatura e a salinidade. Seu incremento pode ocorrer pela dissolução atmosférica, através de ventos e chuvas, e pela ação fotossintética.

O consumo de oxigênio ocorre pelos processos de oxidação, como o apresentado anteriormente, de transformação de amônia em nitrato. Dessa forma, envolve a disponibilidade de matéria orgânica e nutrientes presentes na água e a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) dos organismos nos seus processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica (VON SPERLING, 2005).

Assim, a retirada da mata ciliar pode reduzir a quantidade de oxigênio dissolvido ao permitir maior incremento de nutrientes na água: carreamento de solos (sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos) e material de origem orgânica (vegetal

e animal, microrganismos, adubo, despejos industriais e domésticos) (VON SPERLING, 2005).

Nas águas naturais, a presença da turbidez provoca a redução da intensidade dos raios luminosos que penetram no corpo d'água, influenciando decisivamente na diminuição da atividade fotossintética e nas características do ecossistema presente. Quando sedimentadas, essas partículas formam bancos de lodo onde a digestão anaeróbia leva à formação, principalmente, de gases metano e carbônico, além de nitrogênio gasoso e do gás sulfídrico, que é malcheiroso. O movimento ascensional das bolhas de gás ocasiona o arrasto de partículas orgânicas não totalmente degradadas, aumentando a demanda de oxigênio na massa líquida (demanda bentônica) (PIVELI; KATO, 2005).

Em áreas urbanas, o incremento de turbidez pode ser maior, devido aos lançamentos ilegais de esgoto no sistema de drenagem pluvial, reduzindo drasticamente a concentração de OD na água.

3.5.3 Parâmetros biológicos

COLIFORMES TOTAIS E *Escherichia coli*

Os microrganismos desempenham diversas funções importantes, principalmente as relacionadas com a transformação da matéria dentro dos ciclos biogeoquímicos. Porém, alguns destes podem ser patogênicos, sendo os coliformes termotolerantes e *E. coli* indicadores da sua presença.

E. coli é o único grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, sendo o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos. É o indicador de primeira escolha quando os recursos para exames microbiológicos são limitados (WHO, 1993), e o único que dá garantia de contaminação exclusivamente fecal.

Níveis altos de nutrientes e turbidez na água podem aumentar a sobrevivência de bactérias, incluindo as patogênicas, proporcionando uma fonte de nutrição e reduzindo a quantidade de luz solar. A redução da luz solar afeta a atividade fotossintética e, conseqüentemente, a produção de oxigênio na água.

Há poucas informações relativas à habilidade de APPs em reduzir a contaminação por coliformes, bactérias e outros agentes patogênicos. No entanto, conforme Young *et. al* (1980), cientistas em Minnesota conduziram testes de chuva

simulada para medir a capacidade de vários tipos de cultivos agronômicos para reduzir níveis de coliformes fecais e outros poluentes no escoamento como forma alternativa para tratamento de resíduos de um confinamento de gado. Descobriram que faixas de milho, aveia, e sorgo foram eficazes na redução dos níveis de bactérias em quase 70%. Eles estimaram que seria necessária uma faixa ciliar de 118m de largura para reduzir bactérias coliformes totais a níveis aceitáveis para consumo humano (que, de acordo com a Portaria do Ministério da Saúde 2.914/2011, é ausência em 100 mL) e uso recreativo.

Outros pesquisadores, como Larsen et al. (1994), citados por Klapproth e Johnson (2009), demonstraram a capacidade de faixas de gramíneas para retenção de bactérias em condições de laboratório. Eles descobriram que mesmo uma estreita faixa de 2 pés (0,61m) remove com sucesso 83% dos coliformes fecais, enquanto uma faixa de 7 pés (2,13 m) remove quase 95%.

3.6 Legislação de proteção florestal

A importância das florestas para a proteção da biodiversidade e dos recursos hídricos é reconhecida legalmente. O Código Florestal foi, até maio de 2012, a principal lei disciplinar da ocupação e do uso do solo em áreas de importância hidrológica, como as APPs.

De acordo com o Código Florestal (Federal, Lei 4.771/1965) e a Política Florestal do Estado de Alagoas (Lei 5.854/1996), são consideradas APPs as matas ciliares, os topos de morro e suas encostas. São protegidas em todo o território nacional, independentemente de estarem em área pública ou privada, urbana ou rural. De acordo com estas leis, nestas áreas admite-se apenas o uso indireto dos recursos naturais, sendo restritos seu consumo, coleta, dano ou destruição. De acordo com a legislação florestal, o Poder Público é responsável por realizar o florestamento ou reflorestamento de APPs localizadas em áreas privadas, devendo ser recuperadas ou restauradas as APPs degradadas, sem desapropriá-las, se não o fizer o proprietário.

Conforme o Decreto 750/1993, o bioma Mata Atlântica é protegido por lei, quando caracterizado como vegetação primária ou em estágio médio e avançado de regeneração, de acordo com parâmetros de análise. Ainda que pequenos, os remanescentes de vegetação nativa deste bioma (termo definido pela Resolução

CONAMA nº 03/1996) em estágio de sucessão secundária⁷ (de acordo com a Resolução CONAMA Nº28/1994) são considerados de interesse ecológico para a proteção de ecossistemas.

Estando em domínio da Mata Atlântica, esta restauração ou recuperação deve ser realizada, preferencialmente, com o uso de espécies nativas. Se tais áreas estiverem sendo utilizadas com culturas, o proprietário deverá ser indenizado de seu valor.

A Constituição do Estado de Alagoas (1989) no Capítulo V - Do Meio Ambiente - Seção I - Da Proteção do Meio Ambiente – no Art. 217, parágrafo XIII, prevê o estímulo ao reflorestamento, especialmente nas orlas lagunares e nas cabeceiras dos rios, concedendo, inclusive, incentivos fiscais aos proprietários de áreas cobertas por matas, nativas ou não, e na proporção de sua extensão.

Considerando a grande abrangência de tipos diferentes de ecossistemas, os poucos fragmentos da região de Alagoas são testemunhos de um tipo diferenciado de floresta, sujeitos a diferentes condições climáticas e edáficas. Há muitas espécies de Mata Atlântica endêmicas de fragmentos nordestinos que estão particularmente ameaçadas (MOURA, 2006).

Como toda a área costeira de Mata, o Estado de Alagoas tem, além da floresta ombrófila, áreas de vegetação típicas deste bioma, como mangues, restingas e dunas.

A Legislação de Proteção de APPs parte do princípio de que estas constituem área de interesse público devido a sua importância para o equilíbrio ecológico. As APPs são, juntamente com outras áreas protegidas – incluindo reserva legal e unidades de conservação –, instrumentos de relevante interesse ambiental, que integram o desenvolvimento sustentável, de grande importância para a saúde ambiental das gerações presentes e futuras. A tabela 8 apresenta as áreas consideradas de preservação permanente de acordo com o Código Florestal Federal, de 1965, e a política florestal do Estado de Alagoas, de 1996.

⁷ Grifos do autor desta dissertação

Tabela 8 – Áreas de Preservação Permanente.

Florestas ou vegetação natural situadas		Florestas ou vegetação natural destinadas a
ao longo de rios ou quaisquer cursos d'água, desde seu nível mais alto, cuja largura mínima em cada margem seja de	30m para os cursos d'água de menos de 10m de largura	
	50m para os cursos d'água que tenham de 10 a 50m de largura	
	100m para os cursos d'água que tenham de 50m a 200m de largura	
	200m para os cursos d'água que tenham de 200 a 600m de largura	
	500m para os cursos d'água que tenham largura superior a 600m	
ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água	Naturais	30m, para os que estejam situados em áreas urbanas consolidadas
		100m, para as que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d'água com até 20ha de superfície, cuja faixa marginal será de 50m
	Artificiais	30m para os reservatórios artificiais situados em áreas urbanas consolidadas e 100m para áreas rurais
		15m, no mínimo, para os reservatórios artificiais de geração de energia elétrica com até 10ha, sem prejuízo da compensação ambiental
		15m, no mínimo, para reservatórios artificiais não utilizados em abastecimento público ou geração de energia elétrica, com até 20ha e superfície e localizados em área rural
nas nascentes, ainda que intermitentes, e nos "olhos d'água", qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50m de largura		atenuar a erosão das terras
no topo de morros, montes, montanhas e serras em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação à base;		fixar as dunas
nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a 2/3 da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a 1000m		formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias
nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% da linha de maior declive		auxiliar a defesa do território nacional a critério das autoridades militares
nas escarpas e nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100m em projeções horizontais, no sentido reverso da escarpa		proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico ou histórico
em altitude superior a 1.800m, qualquer que seja a vegetação		asilar exemplares da fauna ou flora ameaçados de extinção
nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues		manter o ambiente necessário à vida das populações silvícolas
em mangues, estuários e dunas		assegurar condições de bem-estar público
nos locais de pouso de aves de arribação, assim declarados pelo Poder Público, protegidas por convênio, acordo ou tratado internacional de que o Brasil seja signatário		
áreas de patrimônio indígena		

Fonte: Autora, 2012 a partir de informações coletadas em: Código Florestal Federal (Lei 4.771/1965), Política Florestal do Estado de Alagoas (Lei 5.854/1996), Decreto Federal 750/1993, Decreto Estadual (AL) 4.631/1981, Resoluções CONAMA 302 e 303/2002

As resoluções CONAMA nº 302/2002 e nº 303/2002 são complementares ao Código Florestal, sendo que a primeira trata de definição de área de APPs em reservatórios artificiais; e a segunda, de termos e definições relativos às APPs.

O Decreto Estadual (AL) 4.631/1981 complementa a Lei Federal 6.766/1979 no que diz respeito à ocupação de áreas litorâneas, incluindo em APPs os mangues, os estuários e as dunas - e faixas de 100 metros, contadas a partir da linha de raia

dos terrenos de marinha, considerados nos termos do Decreto-Lei 9.760/1946 e da legislação complementar, as quais passam a constituir área de uso público e comunitário. O Decreto Federal 750/1993 reforça a não admissão de supressão de vegetação em áreas de mananciais ou de prevenção e controle de erosão.

No entanto, essa legislação gera controvérsias na sua interpretação, conforme explica Araújo (2002). As controvérsias apresentadas por esta autora se estendem à legislação específica estadual, como é o caso do Estado de Alagoas.

O Código Florestal determina uma faixa mínima de APP de 30 metros em cada margem de rio, considerando-se o seu nível máximo alcançado nas maiores cheias, totalizando 60 metros de faixa de preservação permanente. O Decreto Estadual (AL) 4.631/1981 determina a manutenção de uma faixa de 15 metros, como área “non edificandi”, ao longo de águas dormentes e correntes, assim como a Lei de Parcelamento do Solo Urbano (Lei Federal 6.766/1979). Conforme Araújo (2002), essa controvérsia pode ter sido reflexo de três interpretações da lei: (1) o Código exige um total de 30 metros de faixa ciliar, sendo 15 metros em cada margem; (2) o Código define uma faixa máxima de vegetação ciliar, que é de 30 metros; (3) áreas urbanas não exigem a faixa de 30 metros de preservação permanente.

Outra observação, com relação ao Decreto do Estado de Alagoas número 4.631/1981, inclui a determinação por esta lei de mangues, estuários e dunas como Áreas de Preservação Permanente, ao mesmo tempo que abre exceções para edificações em “casos especiais”. Há, pois, divergência no conceito do que é de preservação permanente ou no entendimento dos casos em que a vegetação pode ser suprimida: os de utilidade pública ou interesse social e os de intervenção eventual ou de baixo impacto, os quais estão descritos na Resolução CONAMA número 369/2006.

O Decreto 4.631/1981 define para as áreas “non aedificandi” casos especiais onde pode ser permitida a edificação para a melhoria de comunidades pesqueiras. “Casos especiais” estes que passam a ser ampliados pelo Decreto Estadual (AL) 5.536/1983, o qual permite autorização de edificações em se tratando de:

- construção de hotéis, terminais turísticos e outros estabelecimentos de igual importância para o desenvolvimento do turismo no Estado;
- implantação de projetos urbanísticos de considerável interesse comunitário;

- expansão urbana de distritos e sedes municipais, desde que definida a área respectiva em legislação municipal, com base em estudos técnicos que a justifiquem.

Por outro lado, a Medida Provisória 2.166-67/2001 deixa lacunas quando abre exceções: a) ao permitir “supressão de vegetação” e “supressão eventual e de baixo impacto” em Áreas de Preservação Permanente; b) ao declarar como de utilidade pública e/ou interesse social as “demais obras, planos, atividades ou projetos previstos em resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA”; igualmente, a Lei 6.766/1979, quando determina o limite de área ciliar de somente 15 m, em áreas urbanas.⁸

De qualquer forma, toda e qualquer atividade considerada causadora de degradação ambiental está sujeita a licenciamento, conforme a Resolução CONAMA 237/1997, em todas as suas etapas: localização, instalação, ampliação e operação. Cabe ao órgão ambiental licenciador administrar essas controvérsias legais de modo a minimizar os impactos provocados pela ocupação indevida.

3.7.1 Legislação de Uso e Ocupação do Solo em área Urbana

A Política Nacional de Meio Ambiente - PNMA (Lei 6.938/1981) - estabelece como objetivos a preservação, a melhoria e a recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana. Dessa forma, um dos princípios desta Lei é a racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar, de forma a proteger e preservar os recursos ambientais, dentre os quais as águas e as florestas.

São instrumentos da PNMA (Política Nacional de Meio Ambiente) o zoneamento ambiental e o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental, de forma a atender aos objetivos de racionalização dos recursos ambientais, sendo necessárias para tanto limitações de uso e ocupação do solo e dos recursos hídricos.

A Lei Federal 6.766/1979, alterada pela Lei 9.785/1999, é o principal instrumento regulador da expansão das cidades, dispondo sobre o parcelamento para fins urbanos (desmembramento, remembramento, loteamento). De acordo com essa lei, não é permitido o parcelamento do solo: em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações; em áreas de preservação ecológica e ao longo das águas correntes e dormentes. Considera áreas de mananciais como de interesse especial e limita

⁸ Todos os grifos desta seção foram inseridos pelo autor desta dissertação

edificações em faixas sanitárias do terreno necessárias ao escoamento das águas pluviais, as quais constituem os talwegues. Porém, essa lei estabelece faixas ciliares de 15 metros, em área urbana – o que vai contra o mínimo estabelecido pelo Código Florestal.

O Estatuto das Cidades (Lei Federal 10.257/2001) determina que a ordenação e o controle do uso do solo devem ser realizados de forma a evitar a poluição e a degradação ambiental, assim como a exposição da população a riscos de desastres, ressaltando que as APPs são, geralmente, áreas de risco.

3.7.2 Alterações da Legislação Florestal

As diferentes interpretações da legislação florestal suscitaram uma discussão que culminou na aprovação da Lei Federal 12.651 e conseqüente revogação do Código Florestal (Lei 4.771/1965). As principais alterações relativas a APPs ciliares estão discriminadas a seguir.

- As faixas mínimas de APPs ciliares ao longo dos rios ficam mantidas, porém deixam de ser exigidas ao longo dos rios ou de quaisquer cursos d'água, desde seu nível mais alto, e passa-se a exigir a preservação das faixas somente em cursos d'água naturais e a partir da calha do leito regular do rio.

- O Código Florestal era claro quando falava na preservação de nascentes e olhos d'água, ainda que intermitentes. A nova lei somente protege as nascentes e olhos d'água perenes. Considerando que a presença de florestas mantém o escoamento de base, pode-se dizer que a ausência de proteção de olhos d'água intermitentes pode agravar ainda mais os efeitos da seca, podendo levar à seca permanente destes olhos d'água desprotegidos.

- Embora a nova lei determine que as APPs devam ser mantidas tanto em área urbana quanto rural, as faixas exigidas, em área urbana, passam a ser determinadas pelo plano diretor e leis de uso do solo. As áreas urbanas, por terem maior área ocupada e impermeabilizada, sofrem maior efeito da precipitação, com menor relação vazão/tempo. Além disso, a proximidade e a maior densidade de população das áreas de cheias naturais (áreas ciliares) as tornam mais suscetíveis aos efeitos das cheias. Desta forma, fica evidente a necessidade de elaboração de planos diretores e leis de uso do solo para a determinação das faixas ciliares protegidas em áreas urbanas.

- A Lei 12.651/ 2012 é mais permissiva que o Código Florestal de 1965. As exigências são menores para áreas consolidadas em APPs e já suprimidas antes de 22 de julho de 2008, não sendo obrigatória a reposição florestal das faixas ciliares integralmente. Essa obrigatoriedade é variável de acordo com o tamanho da propriedade (em módulos fiscais). A obrigatoriedade de recomposição passa a ser bem reduzida para esses casos, podendo chegar a ínfimos 5 metros, sendo a faixa mínima exigida de 30 metros.

- A supressão de vegetação em APPs, pelo Código Florestal de 1965, somente era permitida em casos de utilidade pública e interesse social. A nova lei permite também em casos de baixo impacto ambiental. Amplia também os casos de utilidade pública e interesse social que permitem a supressão nessas áreas.

- A compensação de áreas de reserva legal⁹, que pelo Código Florestal de 1965 somente poderia ser realizada dentro da mesma bacia hidrográfica, agora pode ser realizada dentro do mesmo bioma. Esta alteração pode influenciar profundamente o ciclo hidrológico em bacias hidrográficas.

Apesar da redução de exigências para a proteção em faixas ciliares, a Lei 12.651/2012 cria o Programa de Incentivo à Preservação Ambiental e Recuperação do Meio Ambiente. Este Programa autoriza o pagamento ou o incentivo a serviços ambientais, com retribuição monetária ou não. Dentre os incentivos estão redução no ITR (Imposto Territorial Rural), dedução na base de cálculo do imposto de renda, isenção de impostos na compra de insumos e equipamentos e linhas de financiamento específicas para atender iniciativas de preservação voluntária e benefícios em financiamentos agrícolas.

A implementação da legislação florestal brasileira, na maior parte do país, enfrenta muitos entraves. Dessa forma, embora a redação da nova lei de proteção florestal possa significar um retrocesso na legislação de proteção ambiental, não há como negar que a sua aplicação, pura e simples, pode vir a ser um grande avanço para a proteção ambiental.

Embora o Código Florestal (Lei 4.771/1965) tenha sido revogado, suas exigências no Estado de Alagoas são mantidas, em relação a APPs, já que a Política Florestal do Estado (Lei 5.854/1996) é praticamente uma cópia do Código Florestal, ainda mais restritiva no que diz respeito a essas áreas. Para que a lei

⁹ Reserva legal é uma área de proteção florestal exigida por lei, correspondente a 20% da área rural.

substitutiva do Código Florestal tenha validade no Estado de Alagoas seria necessária a revogação da Lei 5.854/1996¹⁰.

3.7 Legislação de enquadramento de rios

O Código das Águas (Decreto 24.643/1934) determina ser a água um recurso de uso comum na grande maioria dos casos. A lei das águas (federal, Lei 9.433/1997, e estadual, Lei 5.965/1997) complementa o Código Florestal no que diz respeito ao uso e à ocupação do solo, partindo dos preceitos: a) a bacia hidrográfica como unidade de gestão; b) a articulação da gestão de recursos hídricos com o uso do solo, integrados ao meio ambiente.

O Código das Águas enfatiza a preservação de APPs e sua importância como áreas de recarga de mananciais superficiais e subterrâneos, visando à manutenção da capacidade de infiltração no solo e das áreas inundáveis. Restringe os usos incompatíveis naquelas sujeitas a inundações frequentes, considerando o zoneamento uma das principais ferramentas para a determinação das formas de ocupação e uso do solo.

O referido código tem como instrumento regulador da qualidade da água o enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo seus usos preponderantes, os quais têm seu padrão de classe de qualidade determinados pela Resolução CONAMA 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Nela, as águas são classificadas em: doces (Classe Especial e Classes 1, 2, 3 e 4) com salinidade igual ou inferior a 0,50 ‰; salobras (Classe Especial e Classes 1, 2 e 3) com salinidade maior ou igual a 0,50‰ e menor ou igual a 30‰; e salinas (Classe Especial e Classes 1, 2 e 3) com salinidade maior que 30‰.

As classes são definidas de acordo com o uso preponderante previsto do recurso hídrico e de acordo com as metas finais de padrão de qualidade a serem alcançadas. Visando sua efetivação, podem ser fixadas metas progressivas intermediárias e obrigatórias.

É o enquadramento dos corpos de água que busca direcionar o atendimento de um dos fundamentos da política de recursos hídricos: a manutenção desejada dos aspectos qualitativos das águas, envolvendo, para isto, a participação social por meio dos comitês de bacias hidrográficas. Esse enquadramento – a partir da Lei

¹⁰ Todos os grifos desta seção foram inseridos pelo autor desta dissertação

Federal 9.433/1997 (Política Nacional de Recursos Hídricos), conhecida como Lei das Águas, e da Lei Estadual 5.965/1997 – passou a ser um dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia foi baseada em seis etapas, descritas a seguir:

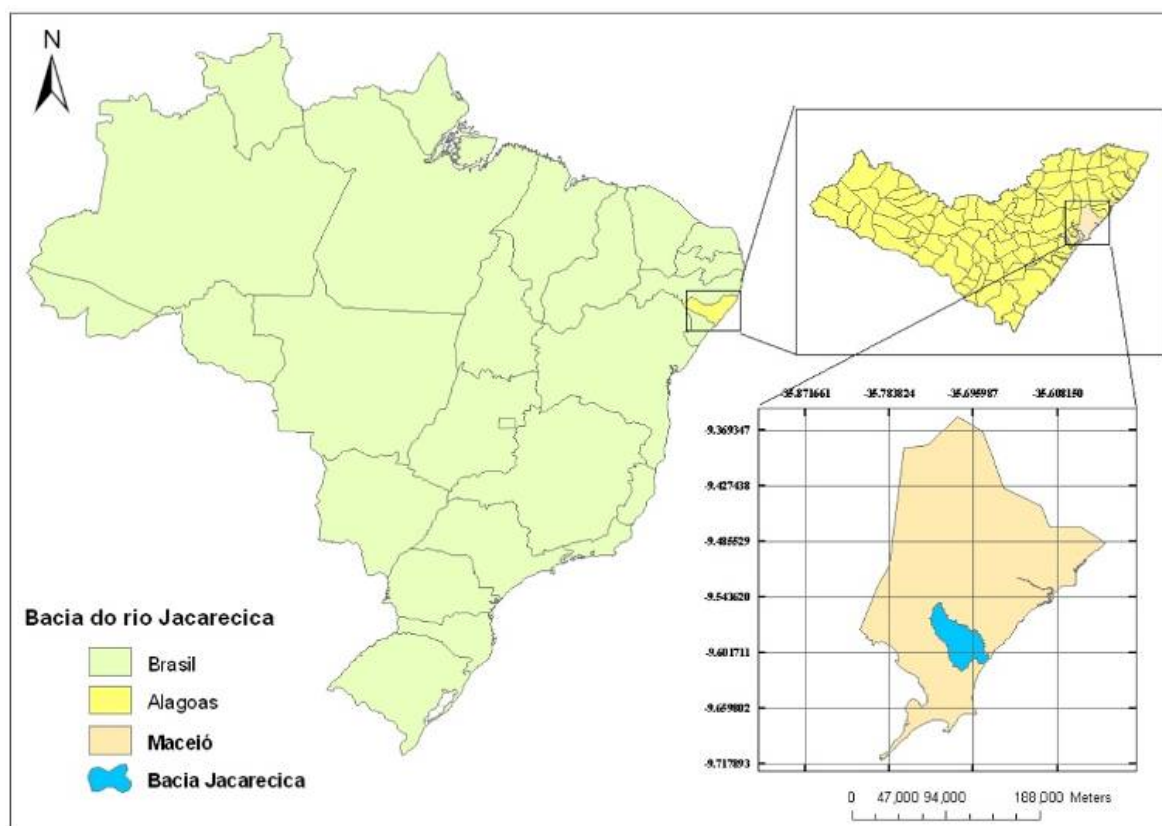
- (i) inserção geográfica da bacia e análise sócio-ambiental;
- (ii) localização dos pontos de amostragem e metodologia de amostragem;
- (iii) precipitação e vazão;
- (iv) parâmetros de qualidade de água;
- (v) tratamento de dados;
- (vi) enquadramento dos trechos de rio.

4.1 Inserção geográfica da bacia de estudo

A escolha da bacia de estudo foi feita, considerando as bacias de pesquisa do Projeto ASUB, cuja área de abrangência no Estado de Alagoas está inserida na Região Hidrográfica do Pratagy (regulamentada pela Resolução nº 06/2005).

A Região Hidrográfica do Pratagy tem uma área de 729 km², subdividida pela Secretaria de Estado do Planejamento e Desenvolvimento (SEPLAN, 1993 apud ALAGOAS, 2005a) em 4 sub-regiões: Bacia Metropolitana (principais bacias: Jacarecica e Reginaldo), Bacia do Meirim, Bacia do Sapucaí e Bacia do Pratagy. A figura 16 mostra a localização da bacia do Jacarecica na Região Hidrográfica do Pratagy.

Figura 16 – Bacia hidrográfica do Jacarecica inserida na Região Hidrográfica do Pratygy.



Fonte: Cabral (2011)

O conjunto de pequenas bacias hidrográficas contíguas – que, juntamente com a bacia do riacho Reginaldo, compõe a sub-região hidrográfica da bacia metropolitana – representa uma área de drenagem estimada em 82,4 Km². Dentre essas bacias destaca-se a bacia do rio Jacarecica, como a mais expressiva em termos de disponibilidade hídrica (ALAGOAS, 2005a), com 25,46 Km².

Para a análise sócio-ambiental da bacia hidrográfica, foram utilizadas as seguintes ferramentas:

- levantamento de dados primários (acesso ao rio e condições de preservação das APPs ciliares) através de visita de campo percorrendo o curso do rio ao longo da bacia;
- levantamento de dados secundários destacando dados ambientais, aspectos de desenvolvimento econômico e social, de uso da água e do solo, e os principais aspectos de poluição da água da bacia hidrográfica e suas possíveis causas, levando em consideração as seguintes interferências negativas: esgotos (domésticos, industriais, rurais, etc); resíduos sólidos; agrotóxicos, fertilizantes, estabilidade do

solo, pastoreio, dessedentação; recreação e lazer; vegetação; condições e usos das terras (florestas, campos, erosão) – conforme o Plano Diretor da Região Hidrográfica do Pratygy;

- registros fotográficos;
- análise das áreas de preservação permanente (APPs) da bacia com base na legislação florestal pertinente;
- imagens de satélite gratuitas (*Landsat*), as quais foram trabalhadas com o auxílio de *software Google Earth*.

4.2 Localização dos pontos de amostragem

Para a determinação dos pontos de amostragem, foram considerados os seguintes aspectos:

- características da margem do rio (com presença ou ausência de mata ciliar);
- receptividade do proprietário da terra;
- facilidade de acesso.

Com relação às características da margem do rio,, foram considerados:

- trecho de rio contíguo com área ciliar contínua e homogênea SEM mata ciliar;
- trecho de rio contíguo com área ciliar contínua e homogênea COM mata ciliar.

Considerando-se o fato de a área a jusante estar sujeita a maior aporte de sedimentos, nutrientes e/ou contaminantes, para evitar o efeito adverso aditivo, ficou determinada a alocação da área SEM mata ciliar a montante daquela COM mata ciliar.

Na determinação dos pontos, procurou-se observar a maior proximidade possível das exigências legais do Código Florestal (Lei 4771/1965), que define ser de 30m, no mínimo, a área ciliar de rios com até 10m de largura.

Para facilitar a localização de áreas com as características desejadas e com facilidade de acesso, foi utilizado o *Google Earth*, disponível na *Internet*, além da avaliação de eventuais levantamentos já realizados e contato com pessoal envolvido para obtenção de informações não documentadas. Utilizando as coordenadas geográficas encontradas no *Google Earth*, fez-se a localização de pontos em campo. Finalmente, foi feita visita de campo aos pontos selecionados, utilizando para

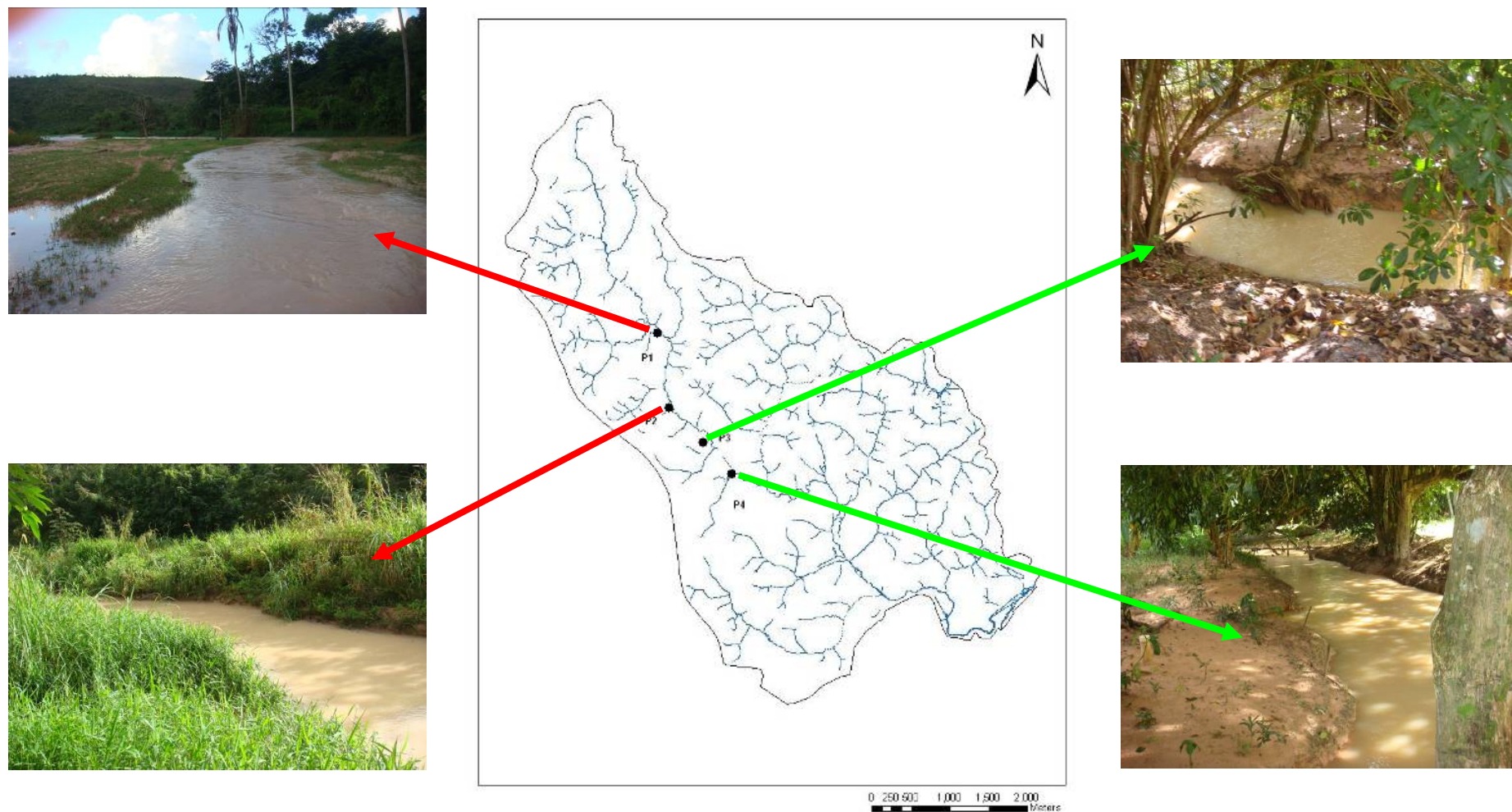
identificação dos mesmos um GPS (Sistema de Posicionamento Geográfico por Satélites) da marca GARMIN – Modelo GPS map 60C, tendo como objetivo a constatação das características requeridas e/ou possíveis limitações e/ou interferências.

Após a constatação da viabilidade de utilização desses pontos, os proprietários das áreas selecionadas foram contatados e feitos pedidos por escrito para autorização de acesso às áreas; só então as estações foram posicionadas também com o uso do GPS.

Os 4 pontos de amostragem determinados estão distribuídos ao longo do eixo longitudinal de deslocamento do rio, sendo 2 em áreas SEM mata ciliar (P1 e P2) e 2 em áreas COM mata ciliar (P3 e P4), como pode ser visualizado na figura 17. As figuras 17 e 18 indicam a alocação dos pontos de amostragem e na Tabela 9 estão indicadas as coordenadas geográficas dos referidos pontos.

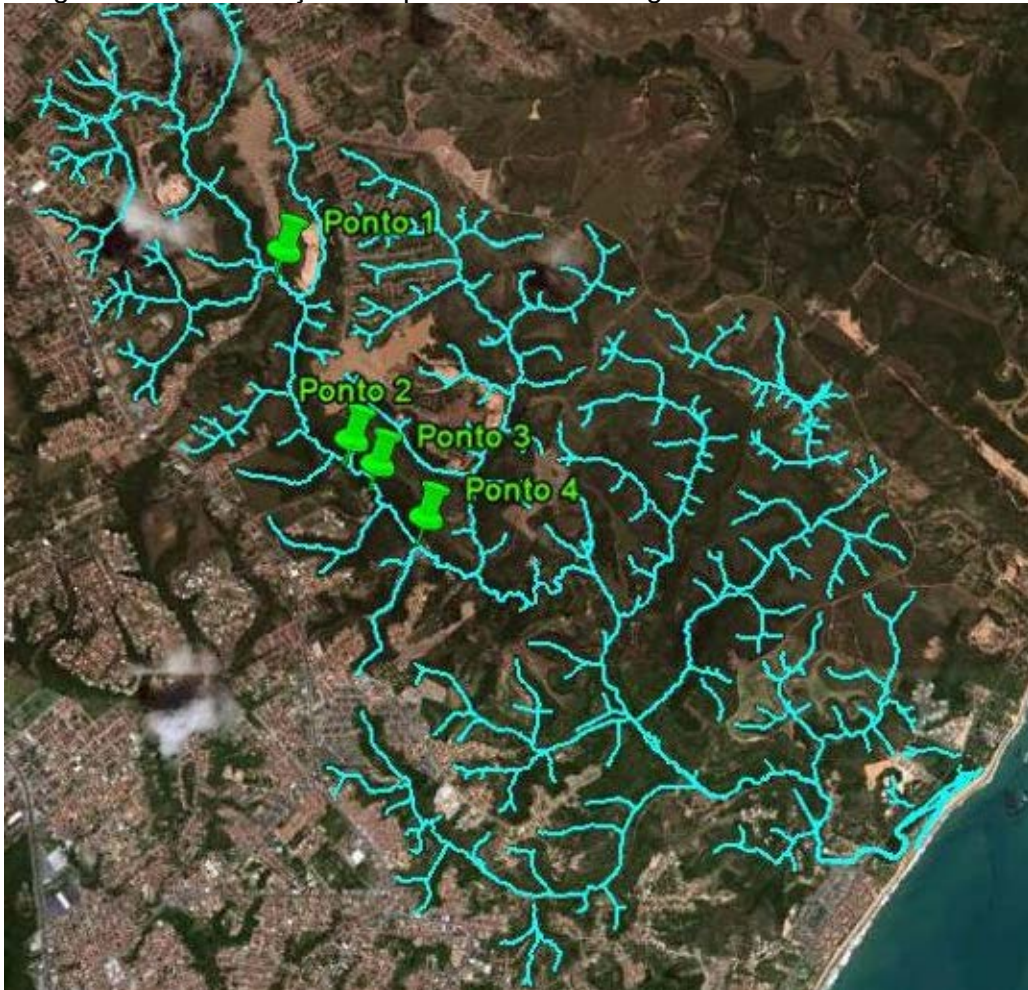
Conforme pode ser observado nestas figuras, os pontos foram alocados na seguinte ordem, de montante a jusante: P1, P2, P3 e P4.

Figura 17 - Pontos de coleta de amostras de água. (a) P1 e (b) P2 áreas com maior degradação da mata ciliar; (c) P3 e (d) P4 áreas com maior integridade da mata ciliar.



Fonte: Autora, 2012

Figura 18 – Localização dos pontos de amostragem na bacia do Jacarecica.



Fonte: Google Earth (2011)

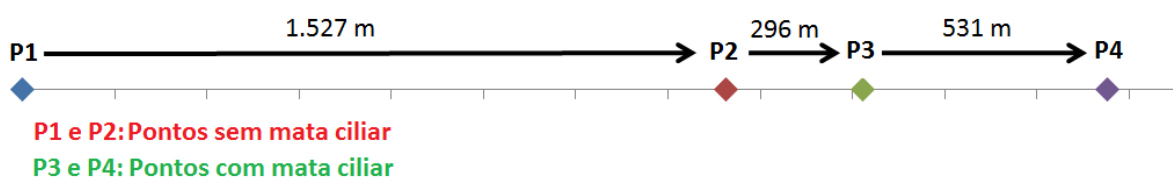
Tabela 9 – Coordenadas geográficas dos locais de coleta de água no rio Jacarecica.

Ponto	UTM	UTM	Lat	Long
P1	0195307W	8942892N	093307,15W	354631,43N
P2	0200893W	8940222N	093435,43W	354329,09N
P3	0201264W	8939034N	093514,17W	354317,24N
P4	0201264W	8939034N	093514,17W	354317,24N

Fonte: Autora, 2012

As distâncias de um ponto a outro estão determinadas na figura 19. O ponto P1 tem uma área de contribuição de 6,20 km², P2 de 12,31 km², P3 de 13,04 km² e P4 de 14,80 km². Como pode ser observado, P4 é o ponto que recebe influência de todos os demais.

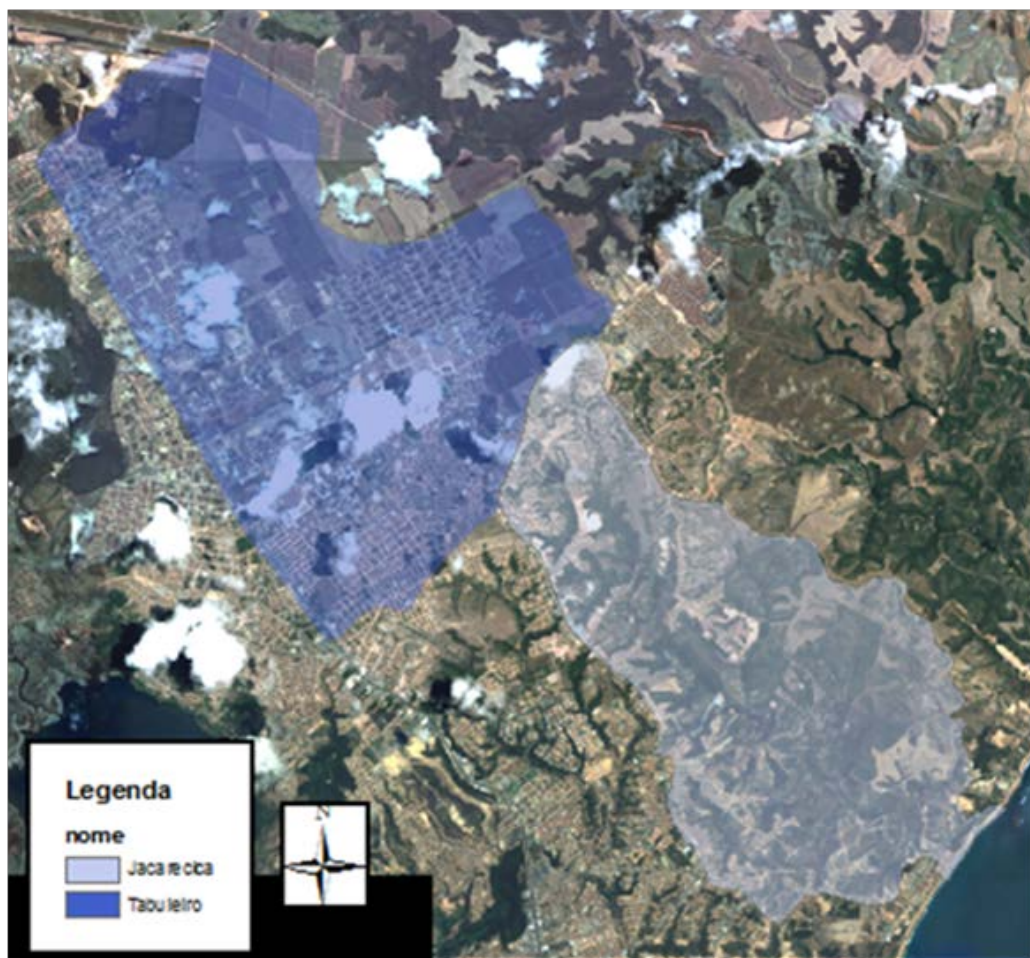
Figura 19 - Distâncias entre os pontos de amostragem no rio Jacarecica



Fonte: Autora, 2012

O ponto P1 tem grande influência da água de contribuição da macrodrenagem da bacia do Tabuleiro, uma bacia endorréica de 40 Km² (quase o dobro da área da bacia do Jacarecica). Está localizada no bairro Tabuleiro dos Martins, parte alta da cidade de Maceió, onde localiza-se o distrito Industrial Luiz Cavalcanti (ALAGOAS, 2005a), e é contígua à bacia do Jacarecica, como pode ser observado na figura 20. Dentre os pontos escolhidos, P1 é o ponto que tem maior influência de área urbanizada e desmatada, com ocorrência de erosões de grandes proporções, deslizamentos de terra e lançamento de efluentes (direto e indireto).

Figura 20 – Localização da bacia do Tabuleiro em relação ao rio Jacarecica



Google Earth (2011)

O ponto P2 recebe influência de uma draga de areia, localizada imediatamente após o ponto de amostragem P1. Recebe também influência de áreas desmatadas e urbanizadas, porém com menor intensidade que P1.

O ponto P3 recebe pouca influência de área urbanizada, em relação aos dois primeiros, assim como P4.

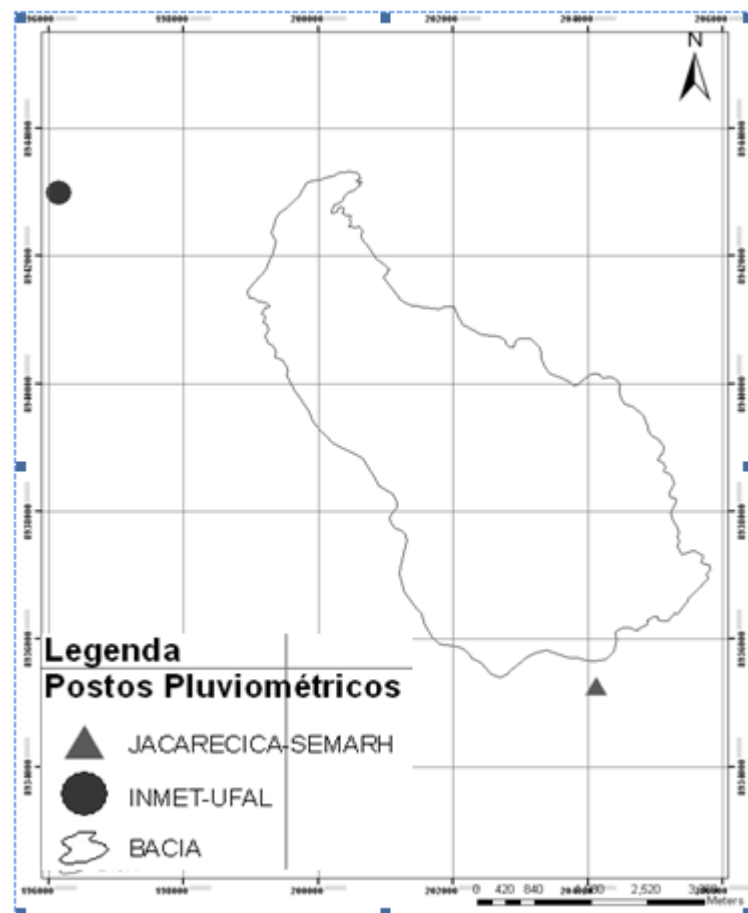
A área ciliar de P3 e P4 é bastante semelhante em se tratando de composição de estratos e camada de matéria orgânica no solo. Ambos os pontos têm áreas ciliares extensas e áreas próximas em bom estado de conservação florestal: P3, por estar localizado em um condomínio, onde as APPs são áreas verdes; e P4, por estar localizado em área de parque aquático, com APPs também preservadas como áreas verdes.

4.2.1 Precipitação e Vazão

Pela ausência de postos de coleta de dados pluviométricos dentro da bacia do Jacarecica, foram considerados os dados de precipitação acumulada (antecedente e nas datas de coleta) de dois pontos externos à bacia: o Posto Jacarecica, monitorado pela SEMARH, e o Posto Tabuleiro, monitorado pelo INMET.

A localização desses postos, em relação à bacia do Jacarecica, pode ser observada na figura 21; e suas coordenadas, na tabela 10.

Figura 21 – Localização dos Postos de coleta de dados pluviométricos em relação à bacia do Jacarecica



Fonte: Cabral (2011)

Tabela 10 – Coordenadas dos Postos de monitoramento pluviométrico

POSTO	LATITUDE	LONGITUDE
Maceió (Jacarecica - SEMARH)	-9.6215	-35.6957
Maceió (UFAL-INMET)	-9.5511	-35.7678

Fonte: CABRAL (2011)

Por ser uma bacia endorréica e urbanizada, a bacia do Tabuleiro tem sérios problemas de drenagem. Com a finalidade de saná-los, foi feita a drenagem de suas águas para a bacia do Jacarecica. Dessa forma, os dados de precipitação do Posto Tabuleiro, localizado na bacia do Tabuleiro, foram considerados por afetar diretamente a quantidade e a qualidade de água do rio Jacarecica. O Posto Jacarecica está localizado nas proximidades da bacia, podendo apresentar dados significativos para a análise, indicando chuvas convectivas ou frontais.

Foram executadas medições de vazão com uso de molinete fluviométrico em P3 e P4 simultaneamente às coletas de água com o objetivo de relacionar alterações dos parâmetros de qualidade de água em função do regime pluviométrico sazonal (figura 22-a e 22-b).

Essa medição foi realizada em alguns pontos específicos simultaneamente à coleta de água para análise de parâmetros de qualidade.

Figura 22 - Medição de Vazão com Molinete Fluviométrico



Fonte: Autora, 2012

O método de determinação da vazão utilizando o molinete consistiu em:

- determinação da batimetria da seção: posicionamento dos piquetes nas margens da seção escolhida, amarração da corda graduada nos piquetes (de 20 em 20 cm), realizando a medição da altura da lâmina líquida de acordo com essa graduação;
- determinação da velocidade de rotação do molinete (velocidade do escoamento): em cada vertical da seção (a 20 e 80% da vertical) e medição

do número de rotações da hélice do molinete (dado pelo *dataloger*) em tempo de 30 segundos;

- obtenção da vazão a partir dos dados de rotação de hélice coletados em campo e dados de batimetria. Estes dados foram inseridos na planilha de cálculos do *software* VANE, versão 2.0/2004, desenvolvido por Fragoso Júnior et al. (2003), que, por processos de integração numérica, fornece os dados de vazão. O perfil do *software* pode ser visualizado na figura 23.

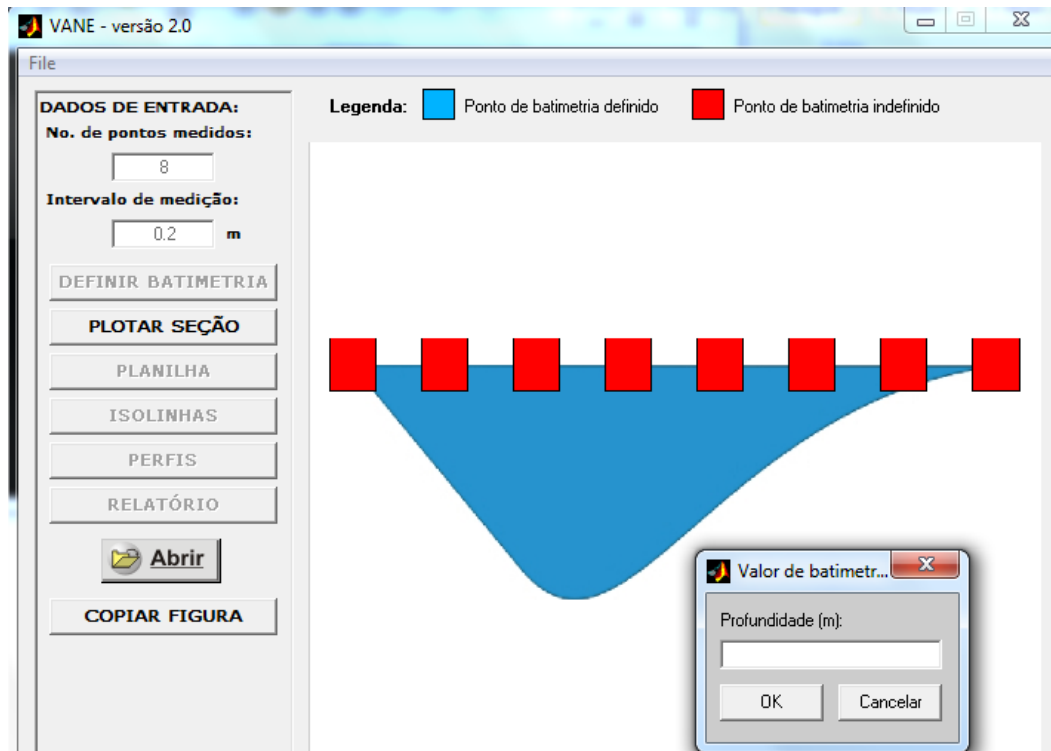
Figura 23 – Perfil do *software* VANE, desenvolvido por Fragoso Júnior et al. (2003)



Fonte: Autora, 2012 a partir de layout do programa de Fragoso Júnior et al. (2003)

A primeira etapa para obtenção de vazão pode ser visualizada na figura 24, que consiste na inserção dos dados relativos ao número de pontos medidos na seção, intervalo de medição (em metros) e a profundidade (em metros).

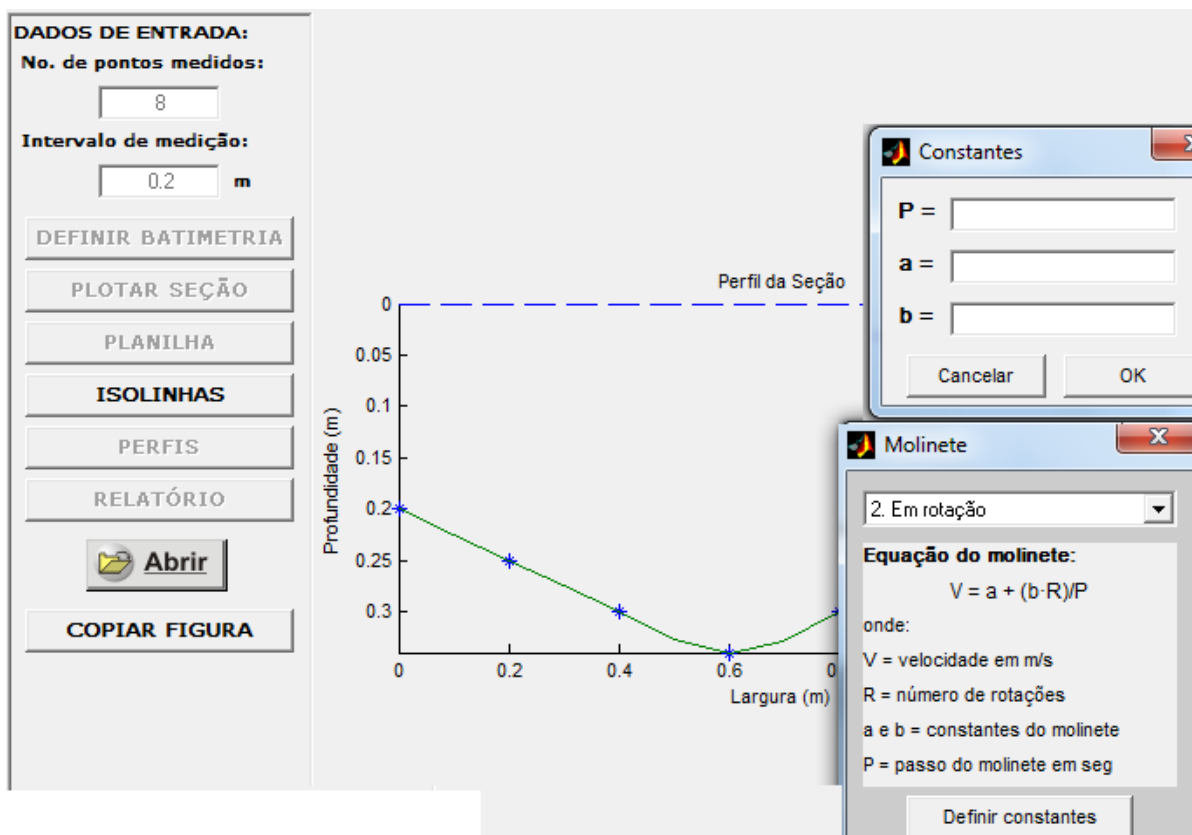
Figura 24 – Primeira etapa da inserção de dados para obtenção de vazão (com uso do software VANE, desenvolvido por Fragozo Júnior et al. (2003))



Fonte: Autora, 2012 a partir de layout do programa de Fragozo Júnior et al. (2003)

A segunda etapa (figura 25) consiste na inserção dos dados relativos ao passo do molinete (P) (que foi de 30 segundos) e às constantes do molinete (a) = 0,009653654 e (b) = 0,283874973.

Figura 25 – Segunda etapa da inserção de dados para obtenção de vazão (com uso do software VANE, desenvolvido por Fragoso Júnior et al. (2003))



Fonte: Autora, 2012 a partir de layout do programa de Fragoso Júnior et al. (2003)

A partir da inserção dos dados apresentados nas figuras 24 e 25, obtém-se o valor da vazão da seção.

Com o objetivo de realizar a estimativa de vazão diária, foram instaladas réguas para medição diária de nível em P1 e P4, porém uma delas (em P1) foi soterrada, e outra (em P4), carregada logo nas primeiras chuvas de abril (quando iniciada a amostragem).

4.2.2 Parâmetros de qualidade de água

Os parâmetros de qualidade de água foram escolhidos considerando os seguintes fatores:

- parâmetros relevantes para a qualidade da água que possam refletir os efeitos da mata ciliar sobre os recursos hídricos;
- possibilidades estruturais e metodológicas do LSA (Laboratório de Saneamento Ambiental da UFAL).

Dessa forma, os parâmetros de qualidade selecionados foram: temperatura, cor, turbidez, sólidos sedimentáveis, STD (sólidos totais dissolvidos), condutividade elétrica, OD (oxigênio dissolvido), DBO₅ (demanda bioquímica de oxigênio), pH

(potencial hidrogeniônico), nitrogênio (N-amoniaco, nitrato-N-NO₃⁻ e nitrito-N-NO₂⁻), fosfato, ferro, coliformes totais e *E. coli*.

Para a análise dos parâmetros físico-químicos e exames bacteriológicos, foram utilizados, preferencialmente, os métodos padrão descritos no *Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998). As determinações de nitrito e nitrato foram realizadas segundo Bendschneider e Robinson (1952) apud Golterman et al. (1978), e Mackereth et al. (1998), respectivamente. Os métodos utilizados estão indicados na tabela 11.

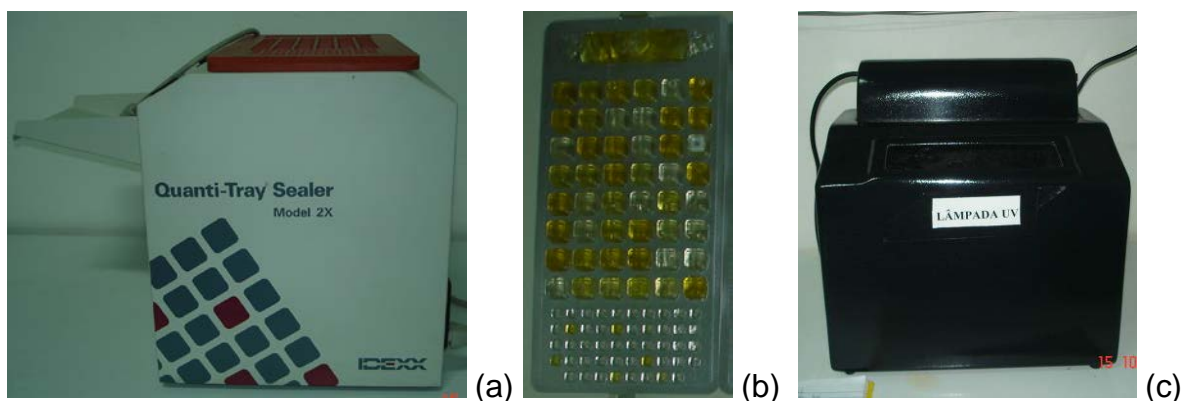
Tabela 11 – Parâmetros analisados, métodos analíticos e equipamentos

Parâmetro		Método e equipamentos
Temperatura (°C)		Ar: medição direta com termômetro de mercúrio Água: medição direta com sonda LUTRON – DO-5510
Turbidez (UNT)		Método Nefelométrico Turbidímetro Modelo AP2000iR Marca Policontrol
Cor (uC)		Método Espectrofotométrico Espectrofotômetro Modelo AP2000iR Marca Policontrol
Sólidos	Sedimentáveis (mL/L)	Cone Imhoff
	Totais Dissolvidos (mg/L)	Método Gravimétrico Estufa de secagem, mufla, dessecador e balança de precisão
Condutividade (mS/cm)		Medição direta: eletrométrico Condutivímetro marca Analion, modelo C708
pH		Método Potenciométrico: pHmetro (MV-TEMP-METER marca LT-Lutron, pH-206)
Ferro (mg/L)		Método da Fenantrolina - Espectrofotômetro QUIMIS Q-108U2M e <i>Chapa aquecedora, espectrofotômetro</i>
Nitrogênio	N- amoniaco NH ₄ ⁺ (mg/L)	Método Titulométrico – Destilação seguida de titulação volumétrica com ácido sulfúrico Destilador de nitrogênio TECNAL TE-036/1
	Nitrito (NO ₂ ⁻) (mg/L)	Método de Bendschneider e Robinson (1952) segundo Golterman et al. (1978). Espectrofotômetro QUIMIS – Q108U2M
	Nitrato (NO ₃ ⁻) (mg/L)	Determinação segundo Mackereth et al. (1998). Espectrofotômetro QUIMIS Q-108U2M
Fósforo Total (mg/L)		Método Espectrofotométrico – Método do Ácido Ascórbico após digestão com persulfato - λ = 880 nm - Espectrofotômetro QUIMIS Q-108U2M
OD (mg/L)		Método Titulométrico Bureta manual
DBO ₅ (mg/L)		Método dos frascos padrões Incubadora de DBO
Coliformes totais e <i>E. coli</i> (NMP/100mL)		<i>Colilert</i> <i>Cartela, Incubadora, seladora, UV</i>

Fonte: Autora, 2012

A figura 26 mostra a seladora (a), a cartela (b) e a câmara de luz UV (c) utilizadas para os exames de coliformes. A contagem dos microrganismos é feita utilizando tabela específica para o método, e os resultados de coliformes totais e *E. coli* são expressos em número mais provável por 100 mililitros da amostra (NMP/100 mL).

Figura 26 - (a) Seladora, (b) cartela de colilert com amostra de água após 24 horas na incubadora a 37°C e (c) lâmpada fluorescente para visualização de água contaminada com *E. coli*.



Fonte: Autora, 2012

A figura 27 mostra o espectrofotômetro utilizado nas análises de nitrato, nitrito, ferro e fósforo total.

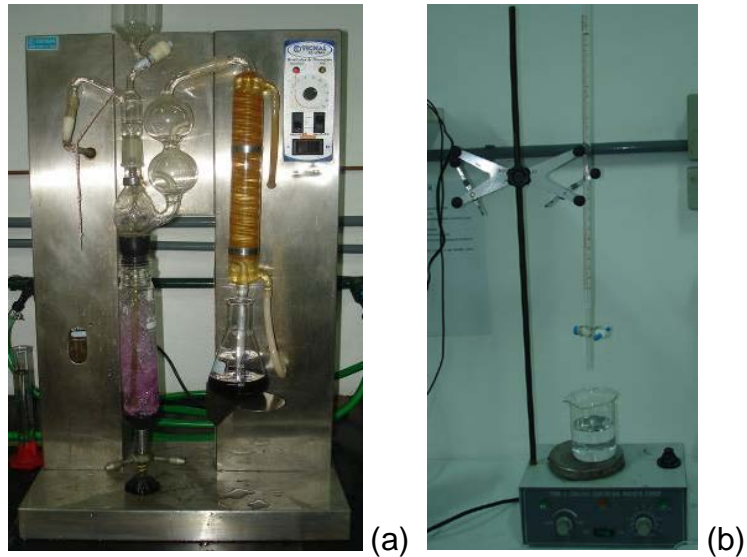
Figura 27 – Espectrofotômetro QUIMIS Q-108U2M



Fonte: Autora, 2012

A figura 28-a mostra o destilador utilizado para a análise de N-amoniacal e a Figura 28-b mostra a imagem da bureta e agitador eletromagnético utilizado para a titulação das amostras de água (figura 29) na análise de N-amoniacal.

Figura 28 – (a) Destilador de nitrogênio amoniacal e (b) conjunto bureta-agitador para titulação



Fonte: Autora, 2012

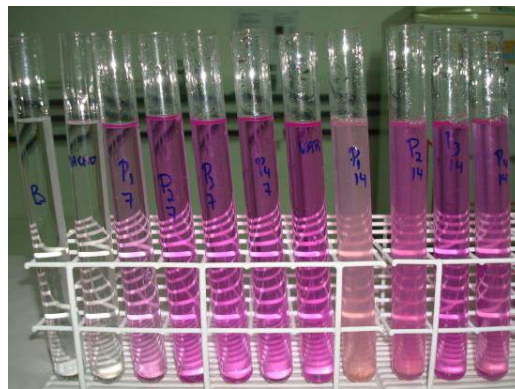
Figura 29 – Amostras de água para análise de N-amoniacal após serem destiladas, prontas para serem tituladas com H_2SO_4



Fonte: Autora, 2012

A figura 30 mostra amostras em processo de análise de nitrito.

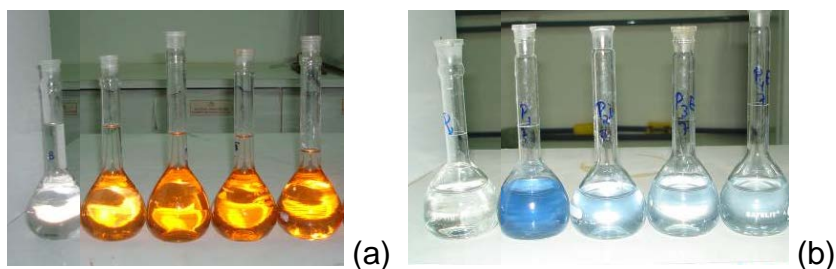
Figura 30 – Amostras em processo de análise de nitrito



Fonte: Autora, 2012

A figura 31 apresenta amostras prontas para leitura espectrofotométrica de ferro (31-a) e fósforo total (31-b).

Figura 31 – (a) Amostras de água em processo de análise de ferro e (b) fósforo



Fonte: Autora, 2012

A Figura 32 mostra amostras de água em processo de sedimentação em Cone *Imhoff*, de acordo com tempo determinado pelo método, para análise de sólidos sedimentáveis.

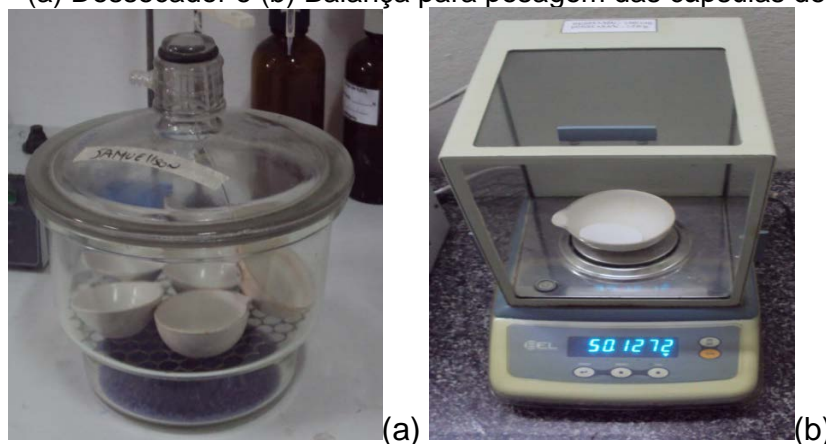
Figura 32 – Cones de sedimentação.



Fonte: Autora, 2012

Na figura 33 estão ilustradas a balança de precisão e o dessecador, utilizados nas análises de sólidos dissolvidos totais.

Figura 33 – (a) Dessecador e (b) Balança para pesagem das cápsulas de porcelana.



Fonte: Cabral (2010)

A amostragem foi realizada de acordo com as recomendações de Agudo *et. al.* (2011), no Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água da CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), levando em consideração as

distribuições temporal e espacial, possibilitando maior representatividade da população amostrada.

O período de amostragem para avaliação da qualidade da água foi de maio/2010 a novembro/2011, de forma a representar o ano hidrológico (período chuvoso e seco) e a variação sazonal.

As amostras de água foram coletadas diretamente no rio, em seu ponto mais central. No ponto 1, onde a lâmina líquida era pequena, a profundidade de coleta foi a 10 cm abaixo da superfície; e nos demais pontos, a 20 cm.

A programação de amostragens foi feita de forma a distribuí-las em períodos aproximados de quinze dias, de abril a novembro/2010, um total de 14 amostragens (sendo que uma foi perdida), e esta distribuição considerou os seguintes fatores:

a) variações sazonais:

- amostragens no período chuvoso (abril a agosto);
- amostragens no período de estiagem (setembro a novembro);

b) ao longo do dia – considerando as alterações cíclicas:

- 1 amostragem no início da manhã, quando a temperatura é mais baixa;
- 1 amostragem no início da tarde, quando a temperatura é mais alta.

No entanto, devido a dificuldades técnicas este período de amostragem foi variável. As amostragens do período chuvoso foram realizadas de abril a agosto e, no período seco, de setembro a novembro.

As amostragens ao longo do dia foram realizadas em horários variáveis em cada ponto. De forma geral, na parte da manhã as coletas foram realizadas das 5h00min às 9h30min, e na parte da tarde das 13h15min às 17h15 min.

4.3 Tratamento dos dados

Os dados de precipitação foram analisados pela precipitação acumulada antecedente e diária dos postos de coleta de dados pluviométricos do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e da SEMARH (Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Alagoas). Os dados de vazão foram analisados a partir da vazão instantânea obtida.

As análises dos dados qualitativos foram feitas com uso de ferramentas estatísticas e classificadas segundo as classes de usos preponderantes, definidas pela CONAMA 357/2005.

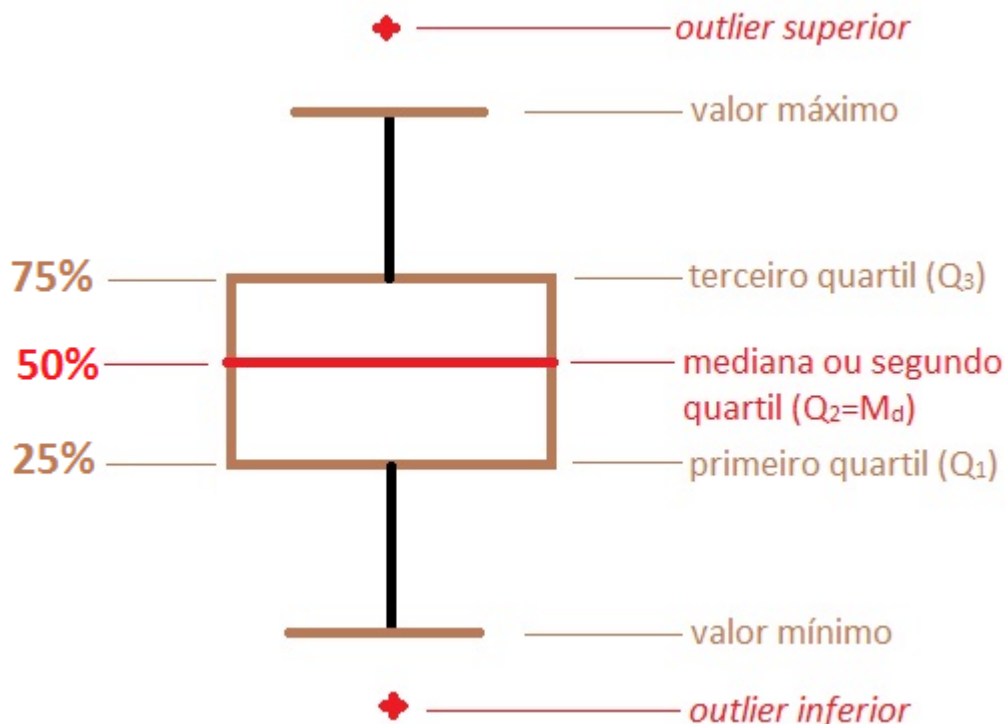
Como ferramenta estatística, foi utilizado o gráfico *boxplot* ou diagrama dos 5 números.

O diagrama dos 5 números, representado na figura 34, inclui as seguintes estatísticas:

- valores mínimos;
- primeiro quartil (Q_1): quartil inferior, igual aos 25% da amostra ordenada ou 25 percentil (25%) – ($Q1/4$);
- mediana ou segundo quartil ($Q_2=M_d$) é o valor até o qual se encontram 50% da amostra ordenada, 50 percentil (50%), ($Q2/4$); representa a posição central;
- terceiro quartil (Q_3): quartil superior, valor a partir do qual se encontram 25% dos valores elevados, 75% da amostra ordenada, 75 percentil (75%) – ($Q3/4$);
- valores máximos;
- *outliers* ou pontos discrepantes: são os valores atípicos que se localizam distantes de quase todos os outros pontos da distribuição.

A *amplitude inter-quartis*, representada por AIQ , é dada pela diferença entre Q_3 e Q_1 e tem sido usada como parte de um critério para a identificação de pontos atípicos (ou 'outliers') eventualmente presentes na amostra. Segundo tal critério, é considerado um ponto atípico superior todo elemento da amostra superior a $Q_3+1,5AIQ$ e, analogamente, um ponto atípico inferior é todo e qualquer elemento menor do que $Q_1-1,5AIQ$ (Naghetini; Pinto, 2007).

Figura 34 – Esquema explicativo do diagrama dos 5 números ou *boxplot*



Fonte: Autora, 2012

Este conjunto de medidas oferece a idéia de posição, dispersão, assimetria, caudas e dados discrepantes. Os comprimentos das caudas são dados pelas linhas que vão do retângulo aos valores atípicos.

A análise dos valores máximos e mínimos possibilita a observação da amplitude de valores obtidos; Q1 e Q3 representam as medidas de posição relativa a partir da média observada e da dispersão, através do desvio interquartil (Q3-Q1); as posições relativas de Q1, Q2 e Q3 dão uma noção da assimetria da distribuição.

Foram analisadas também as alterações dos perfis dos trechos de rio a partir da batimetria obtida no primeiro e no último dia de coleta.

4.4 Enquadramento dos trechos do rio Jacarecica

Os corpos de água doce são classificados em 5 categorias (as quais estão descritas na tabela 12: especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4, conforme o seu padrão de qualidade para cada parâmetro analisado. A classe de um corpo de água é determinada pelo pior padrão de qualidade, ou seja, independentemente de todos os parâmetros estarem em classe especial (por exemplo), se houver um único parâmetro com padrão de qualidade inferior, o corpo hídrico fica classificado na classe inferior, mesmo que seja classe 4.

Porém o seu enquadramento – ou estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido – é determinado conforme seus usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo (Resolução CONAMA 357/2005). Ou seja, um corpo hídrico pode ser classificado em classe 4, mas ser enquadrado em classe 1, se ficar definido que um de seus usos preponderantes pretendidos é “o abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado”.

Tabela 12 – Classes e usos preponderantes dos corpos d’água doce

CLASSE ESPECIAL	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4
ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção	ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado	ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional	ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado	à navegação
à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas	à proteção das comunidades aquáticas	à proteção das comunidades aquáticas	à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	à harmonia paisagística
à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral	à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho	à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho	à pesca amadora	
	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	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	à recreação de contato secundário	

Fonte: Autora, 2012 a partir de dados da Resolução CONAMA 357/2005

Dessa forma, os trechos de rio foram classificados de acordo com a qualidade de água encontrada para cada parâmetro analisado, conforme a Resolução CONAMA 357/2005 (tabela 13), mas seu enquadramento levou em consideração os usos observados na bacia ao longo dos períodos de coleta.

Tabela 13 – Valores de referência para classes de água doce, conforme CONAMA 357/2005

PARÂMETRO	CLASSE DE ÁGUA DOCE			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Turbidez (UNT)*	40	100	100	NE***
STD (mg/L)*	500	500	500	NE***
pH*	6 – 9	6 – 9	6 – 9	6 – 9
Ferro (mg/L)*	0,3	0,3	5,0	NE***
N-amoniaco (mg/L)*	3,7 em pH ≤ 7,566 2,0 em 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 em 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 em pH > 8,5	3,7 em pH ≤ 7,566 2,0 em 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 em 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 em pH > 8,5	13,3 em pH ≤ 7,570 5,6 em 7,5 < pH ≤ 8,0 2,2 em 8,0 < pH ≤ 8,5 1,0 em pH > 8,5	NE***
Nitrito (mg/L)*	1,0	1,0	1,0	NE***
Nitrato (mg/L)	10,0	10,0	10,0	NE***
Fósforo total em ambiente lótico (mg/L)*	0,1	0,1	0,15	NE***
OD (mg/L)**	6	5	4	2
DBO ₅ (mg/L)*	3	5	10	NE***
<i>E. coli</i> (<i>E. coli</i> /100mL)*	200	2000 (recreação de contato primário) 1000 (demais usos)	2.500 (recreação de contato primário) 1000 (dessedentação animal) 4000 (demais usos)	NE***

*valores máximos

**valores mínimos

***Não especificado

Fonte: Autora, 2012

5 RESULTADOS E ANÁLISES

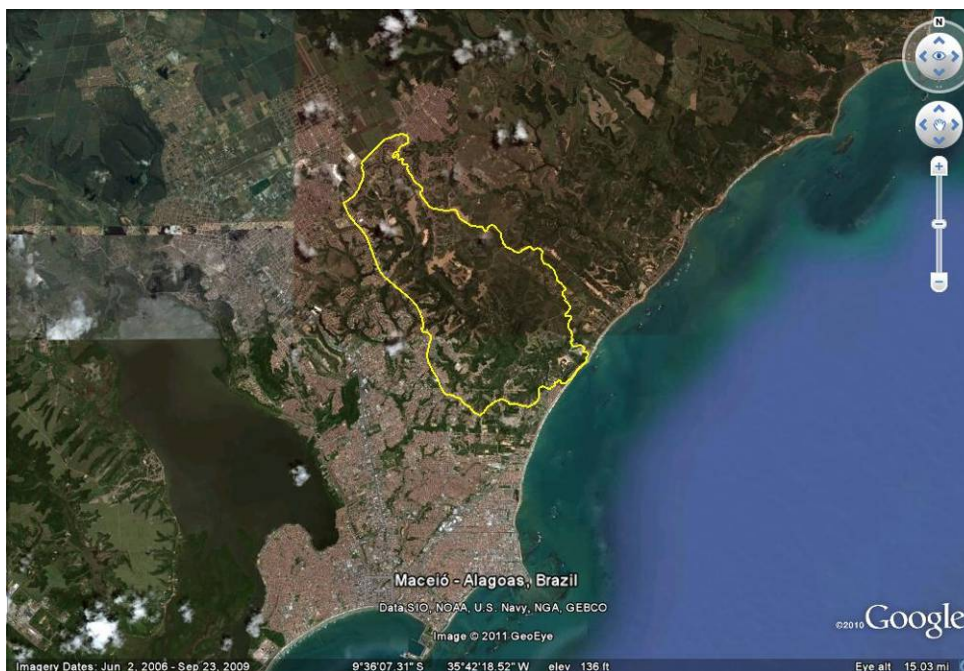
Dentro da região hidrográfica do Pratygy, foi escolhida a bacia do rio Jacarecica por estar inserida em áreas com presença de fragmentos florestais ciliares e, principalmente, pela facilidade de acesso.

5.1 Análise sócio-ambiental da bacia do jacarecica

GEOMORFOLOGIA

A bacia hidrográfica do rio Jacarecica está localizada entre as coordenadas 35° 40' e 35° longitude Oeste e 9° 35' e 9° 40' latitude Sul na região nordeste da cidade de Maceió/AL (SEINFRA, 1998 apud ALAGOAS, 2005a). Está localizada a nordeste da cidade de Maceió, como mostra a figura 35.

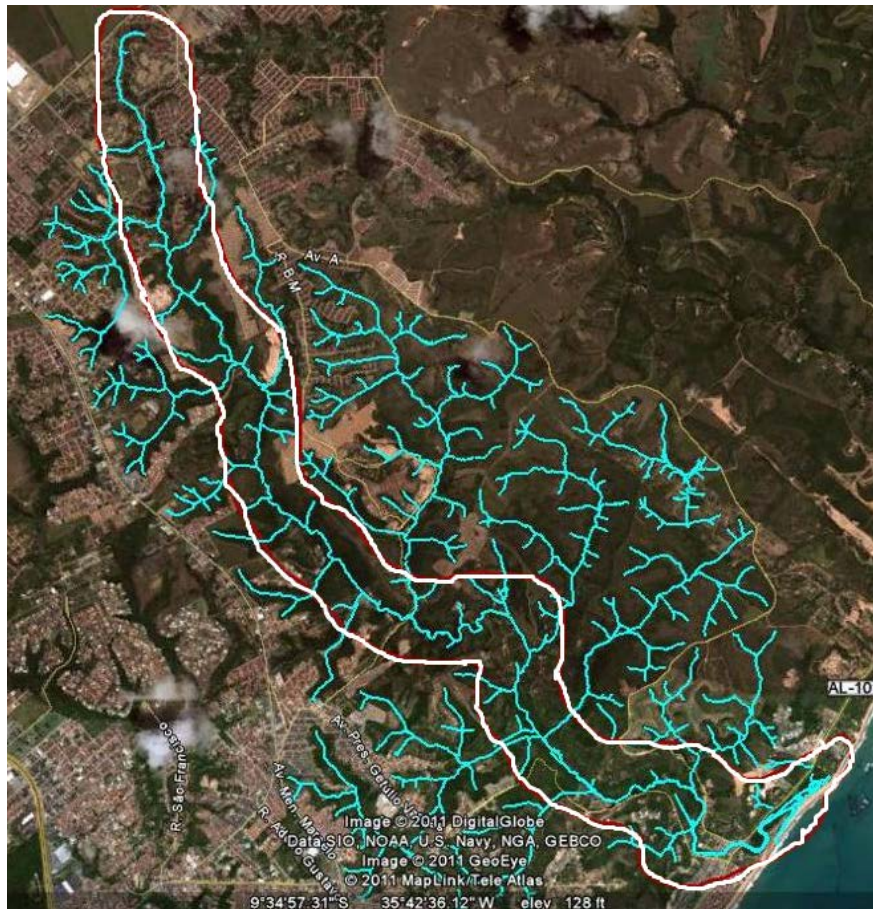
Figura 35 – Localização da bacia do Jacarecica na cidade de Maceió



Fonte: Autora, 2012, a partir de imagem do *Google Earth* (2011)

A bacia do Jacarecica é relativamente pequena, totalmente inserida no município de Maceió, drenando uma área de aproximadamente 25,46 km². O rio principal tem aproximadamente 13 km de extensão (figura 36) e suas principais nascentes estão localizadas nas proximidades do conjunto residencial Henrique Equelman (figura 37). A rodovia AL 101-Norte, que liga Maceió ao litoral norte de Alagoas, corta o rio nas proximidades de sua foz (LINS, 2005).

Figura 36 – Trecho principal do Rio Jacarecica



Fonte: "O autor desta dissertação ", a partir de imagem do *Google Earth* (2011)

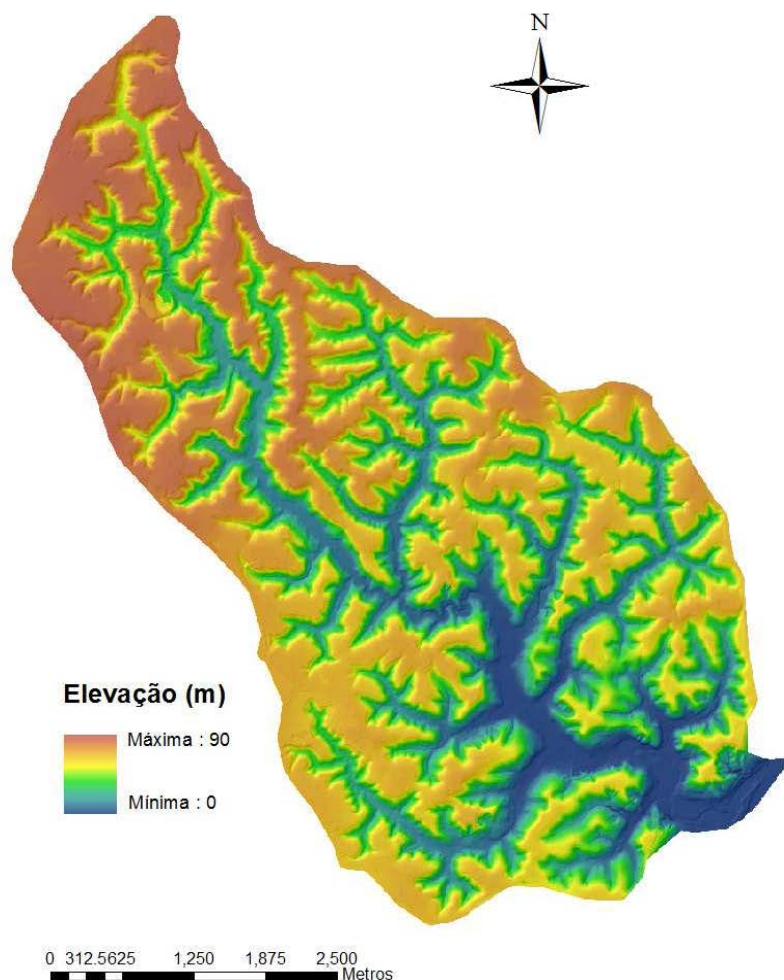
Figura 37 – Principais nascentes do Rio Jacarecica



Fonte: Autora, 2012 a partir de imagem do *Google Earth* (2011)

A bacia do Jacarecica tem alta declividade no alto curso do rio; passa a ser mais suave à medida que o rio avança em direção ao oceano através da planície litorânea. Em geral as encostas são bastante íngremes e definidas rumo aos talvegues (figura 38) (ALAGOAS, 2005b).

Figura 38 – Elevação da bacia do rio Jacarecica (destaque) e seu entorno.



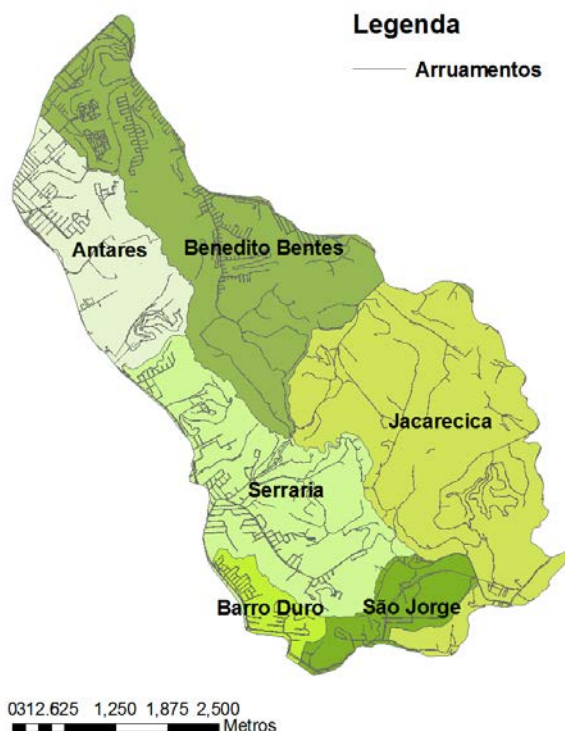
Fonte: Silva L. (2011)

A declividade média da bacia fica em torno dos 6,5 m/km, contendo elevações na cota de 90m próxima às nascentes. Por apresentar uma elevada declividade, o rio Jacarecica atravessa grandes grotas formadas por processos erosivos, encaixando-se em vales profundos no seu alto e médio curso (AGRA, 1999 apud LINS, 2005).

POPULAÇÃO

Maceió possui 50 bairros, sendo que, destes, seis possuem território na bacia do rio Jacarecica, nenhum totalmente inserido: Jacarecica, São Jorge, Serraria, Barro Duro, Antares e Benedito Bentes (SILVA L, 2011) (figura 39).

Figura 39 - Distribuição dos bairros ao longo da bacia do rio Jacarecica.



Fonte: Silva L. (2011)

As áreas de cada bairro inseridas na bacia do Jacarecica estão descritas na tabela 14. Como pode ser observado, o bairro Benedito Bentes é o mais populoso, seguido do bairro Serraria e Antares. Na figura 39 observa-se que o Benedito Bentes e o Antares estão localizados na cabeceira da bacia do Jacarecica.

Tabela 14 – Bairros inseridos na bacia do Jacarecica e representação em área

Bairro	Área (km ²)*	Área (%)*	População**
Antares	8,12	31,91	14.337
Barro Duro	6,85	26,92	13.166
Benedito Bentes	5,06	19,88	78.602
Jacarecica	3,30	12,94	5.988
São Jorge	1,38	5,43	6.950
Serraria	0,74	2,92	21.408
Total	25,46	100	140.451

* Fonte: Silva L. (2011)

** Fonte: IBGE (2007)

Todos os pontos de amostragem recebem forte influência dos bairros mais populosos da bacia do Jacarecica.

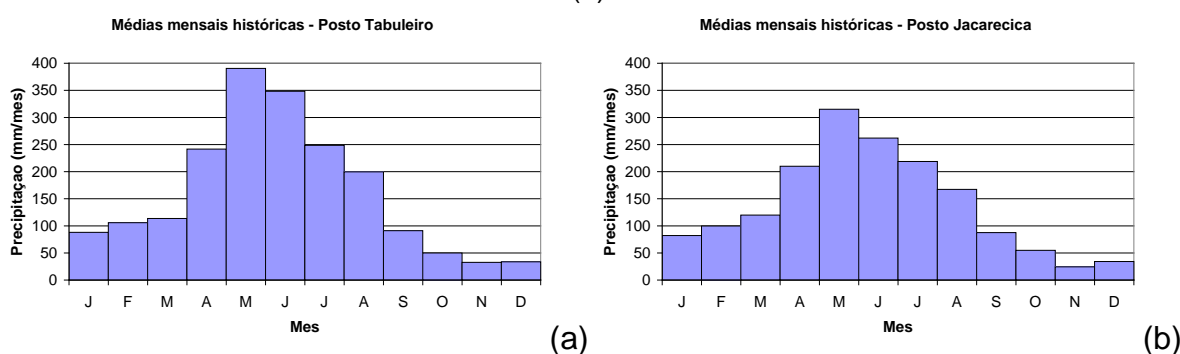
CLIMA

De acordo com a classificação de Köppen, o clima de Maceió é do tipo tropical úmido (As'), com temperaturas elevadas durante todo o ano e amplitudes térmicas máximas em torno de 6°C, com chuvas de outono-inverno, e verão seco

com raras precipitações. As temperaturas máximas ocorrem entre os meses de dezembro e março, e as mínimas entre maio e julho (ALAGOAS, 2005 a).

A pluviometria anual é regular, apresentando duas estações bem definidas. A estação chuvosa ocorre entre março e agosto, com maior concentração de chuvas nos meses de março a agosto, enquanto a estação seca ocorre de setembro a fevereiro. A média anual de precipitações é de 1.479 mm. A figura 40 ilustra as precipitações médias mensais em dois postos próximos à área de estudo, o Posto Tabuleiro, do INMET, e o Posto Jacarecica, da SEMARH.

Figura 40 – Precipitação média mensal no Posto Tabuleiro (a) e no Posto Jacarecica (b)



Fonte: Autora, 2012 a partir de dados históricos do INMET (bacia do Tabuleiro) de 2005 a 2012 e da SEMARH (bacia do Jacarecica) de 1997 a 2012

A umidade relativa máxima do ar chega a 82,9% em maio e a mínima é de 75,5% em novembro. Os ventos alísios de quadrante predominam ao longo do ano com tendência para sudeste, no período de outono-inverno, e para nordeste, no período de verão (ALAGOAS, 2005a).

VEGETAÇÃO

A bacia do Jacarecica está localizada em área de domínio da Mata Atlântica, com vegetação típica deste bioma: floresta ombrófila, mangues e restingas, os quais também são considerados de preservação permanente.

Embora a maior parte da bacia se encontre bastante antropizada, há ainda, em algumas áreas concentradas (figura 41 e figura 42), pequenos remanescentes de vegetação nativa (termo definido pela Resolução CONAMA nº 03/1996) em estágio de sucessão secundária de acordo com a Resolução CONAMA Nº 28/1994.

Figura 41 – Floresta em estágio médio de regeneração



Fonte: Autora, 2012

Figura 42 – Vegetação remanescente em estágio inicial e médio de regeneração



Fonte: Autora, 2012

Da Mata Atlântica (floresta tropical chuvosa), principal cobertura vegetal primitiva da bacia, restam resquícios em locais de difícil acesso ou ocorrências pontuais em grotas com altas declividades MENEZES (2010).

A floresta da figura 41, fotografada em 30/06/10, mostra um fragmento florestal em estágio médio de regeneração, caracterizado pela presença de árvores de pequenos diâmetros, pouca diversidade de espécies, muitos indivíduos de poucas espécies e predominância de espécies pioneiras (como a imbaúba).

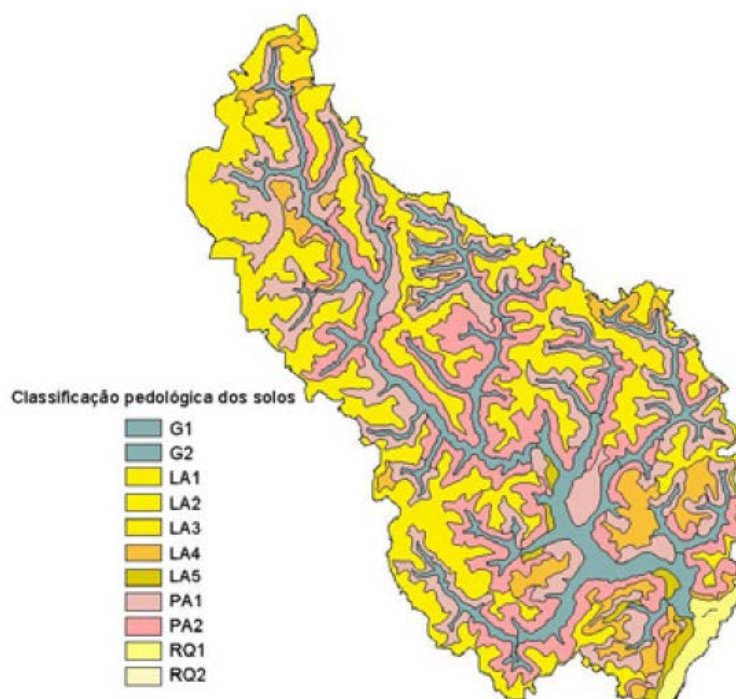
De acordo com os parâmetros básicos para análise dos estágios de sucessão de Mata Atlântica, definidos pela Resolução CONAMA No 10/1993, a bacia do Jacarecica apresenta áreas de vegetação nativa em estágios inicial – a maior parte dos remanescentes – e médio de regeneração. Ressalta-se que a vegetação nativa

de Mata Atlântica em estágio médio a avançado de regeneração é protegida, conforme Decreto 750/1993.

SOLOS

A cidade de Maceió possui a predominância da classificação pedológica de solos denominada LA-5 (latossolo amarelo), que são solos profundos ou muito profundos, bem drenados e com baixo gradiente textural. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) realizou um levantamento mais detalhado dos solos da cidade e confirmou a predominância do latossolo amarelo, considerado como o mais importante solo dos tabuleiros, estando relacionado com o manto sedimentar argiloso referido ao Grupo Barreiras do Terciário (figura 43) (Peplau, 2005).

Figura 43 – Classificação pedológica dos solos da bacia do rio Jacarecica.



Fonte: EMBRAPA (2005) apud Peplau (2005)

Os tipos de solo apresentados na figura 43 estão descritos na tabela 15. Como pode ser observado, as áreas ciliares têm, predominantemente solos argilosos (gleisolo – G1 e G2), que são solos encharcados, típicos ciliares. Solos argilosos, como é o caso dos gleissolos e argissolos da bacia, têm alta CTC, assim como fator de erodibilidade reduzido.

A maior parte dos solos da parte alta da bacia são latossólicos. Silva (2005) apud Chuquipiondo (2007) demonstrou que os latossolos são classes cuja taxa de

perda de solo pode ser considerada crítica, o que pode contribuir fortemente para a formação de erosões de grandes proporções, assim como na contribuição de sedimentos carreados em direção ao rio.

Tabela 15 – Classificação pedológica dos solos da bacia do Jacarecica

TIPO DE SOLO	DESCRIÇÃO
LA1	LATOSSOLO AMARELO coeso típico A moderado e proeminente textura argilosa e muito argilosa fase floresta subperenifólia relevo plano. (situação: amplas superfícies de tabuleiro com declividade < 3%)
LA2	LATOSSOLO AMARELO coeso típico A moderado e proeminente textura argilosa e muito argilosa fase floresta subperenifólia relevo plano e suave ondulado (situação: amplas superfícies de tabuleiro com declividade < 8%)
LA3	Associação de LATOSSOLO AMARELO coeso típico A moderado e proeminente textura argilosa + ARGISSOLOS AMARELO e VERMELHO-AMARELO Distróficos latossólicos e/ou típicos + ARGISSOLOS AMARELO e VERMELHOAMARELO Distróficos plínticos fase endoconcrecionária (ou concrecionária), estes textura média e argilosa/argilosa; todos A moderado e proeminente fase floresta subperenifólia (e partes de cerrado) relevo plano e suave ondulado (proporção dos componentes: 50-30-20%)(situação: superfícies de tabuleiro mais desgastadas com declividade < 8%)
LA4	Associação de LATOSSOLO AMARELO coeso típico A moderado e proeminente textura argilosa + ARGISSOLOS AMARELO e VERMELHO-AMARELO Distróficos típicos e /ou plínticos fase endoconcrecionária (ou concrecionária), estes textura média e argilosa/argilosa; todos A moderado e proeminente fase floresta subperenifólia (e partes de cerrado) relevo suave ondulado e ondulado (proporção dos componentes: 50-25-25%)(situação: superfícies de tabuleiro irregulares e desgastadas com declividade entre 3 e 20%)
LA5	Associação de LATOSSOLOS AMARELO e VERMELHO-AMARELO textura média + ARGISSOLOS AMARELO e VERMELHO-AMARELO latossólicos e/ou típicos textura arenosa e média/média e argilosa + ARGISSOLOS AMARELO e VERMELHO-AMARELO plínticos textura arenosa e média/média e argilosa ; todos Distróficos A moderado e proeminente fase floresta subperenifólia relevo suave ondulado e plano (proporção dos componentes: 40-40-20%)(situação: plataformas à piemonte, isto é, entre os sopés das encostas e as várzeas com declividades geralmente menores que 8%)
PA1	Associação de: ARGISSOLOS AMARELO e VERMELHO-AMARELO típicos e plínticos textura média e argilosa/argilosa + LATOSSOLOS AMARELO e VERMELHO-AMARELO textura VERMELHO-AMARELO plínticos e típicos textura média e argilosa/argilosa fase endoconcrecionária e concrecionária, todos Distróficos A moderado e proeminente fase floresta subperenifólia relevo ondulado e forte ondulado (proporção dos componentes 35-35-30%). (situação: superfícies dissecadas dos tabuleiros, encostas com declividades de 8 a 40%)
PA2	Associação de: ARGISSOLOS AMARELO e VERMELHO-AMARELO típicos textura média e argilosa/argilosa + LATOSSOLOS AMARELO e VERMELHOAMARELO textura argilosa VERMELHO-AMARELO plínticos e típicos textura média e argilosa/argilosa fase endoconcrecionária (ou concrecionária), todos Distróficos A moderado e proeminente fase floresta subperenifólia relevo forte ondulado e escarpado (proporção dos componentes 40-30-30%). (situação: superfícies muitodissecadas dos tabuleiros, encostas com declividades entre 20 e > 75%)
G1	GLEISSOLO HÁPLICO Tb e Ta típico textura argilosa, muito argilosa e/ou indiscriminada Eutrófico (e Distrófico) A moderado fase campo hidrófilo e floresta subperenifólia de várzea relevo plano. (situação: áreas de várzeas, geralmente estreitas)
G2	Associação de: GLEISSOLO HÁPLICO Tb típico textura argilosa e/ou indiscriminada + NEOSSOLO FLÚVICOS glêicos e típicos textura indiscriminada, ambos Eutróficos e Distróficos A moderado fase campo hidrófilo e floresta subperenifólia de várzea relevo plano. (proporção dos componentes: 70– 30%)(situação: áreas de várzeas, geralmente mais largas e próximas do litoral).
R1	NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos típicos A fraco e moderado + NEOSSOLOS FLÚVICOS Psamíticos típicos A moderado e antrópico, todos fase campo de restinga, cerrado subperenifólio e/ou floresta subperenifólia + TIPOS DE TERRENO (áreas de aterro), todos fase relevo plano. (proporção dos componentes: 50 -25 -25%). (Situação: grande palície de Maceió, se estende pelo litoral norte).
RQ2	NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Hidromórficos típicos A fraco fase campo de restinga relevo plano e suave ondulado (Areias Quartzosas Marinhas) + DUNAS (proporção dos componentes: 70 – 30%) (situação: superfícies da orla marítima – Praias).

Fonte: EMBRAPA (2005) apud Peplau (2005)

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Conforme Cabral (2011) descreve na tabela 16, a bacia do rio Jacarecica ainda apresenta extensa área rural, tendo ainda 51,93% de área vegetada. Uma área pequena de solo exposto foi encontrada por este autor (2,28%). A área urbana consolidada representa 45,78% da bacia.

Tabela 16 – Uso e Cobertura da terra na bacia do rio Jacarecica.

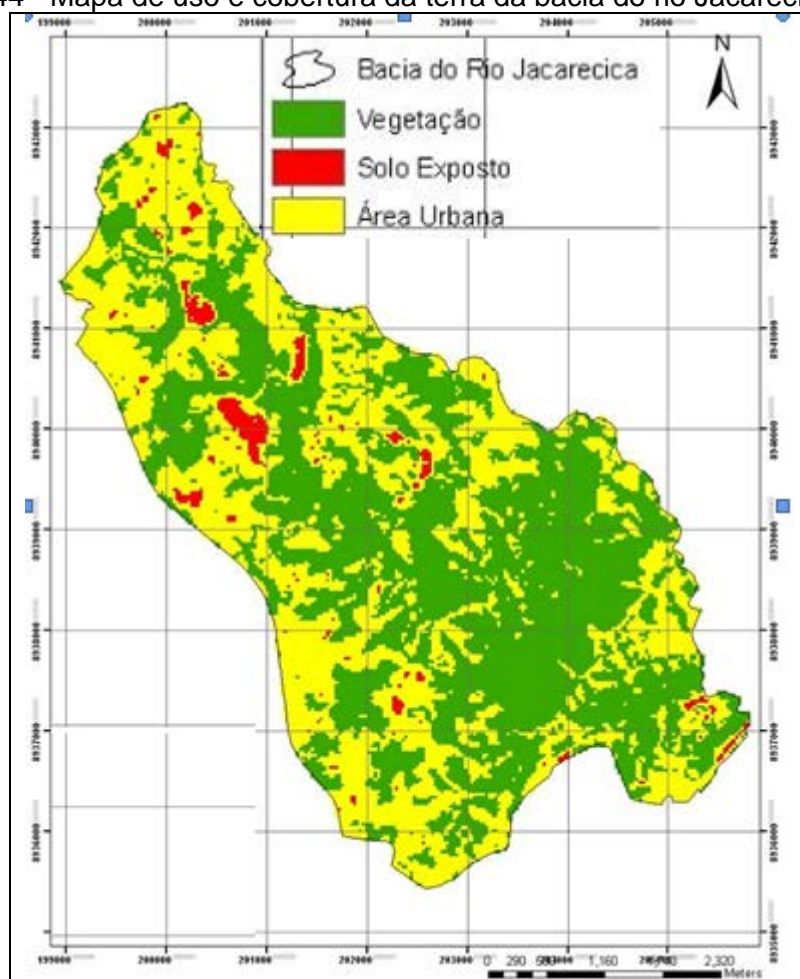
Usos	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Vegetação	12,75	51,93
Solo Exposto	0,56	2,28
Área Urbana	11,24	45,78
Total	24.5	100

Fonte: Cabral (2011)

Pode-se observar, na área rural da bacia, cultivos de frutíferas, especialmente *cocos nucifera*. O cultivo de manga, caju, assim como de hortaliças, cana-de-açúcar, pastos e capoeira também é observado. Porém, a degradação vem avançando também sobre essas áreas de cultivo, começando pelas mais próximas da zona urbana.

Conforme Cabral (2011), a parte alta e média da bacia apresenta maiores percentuais de área de solo exposto com um percentual de 0,56% do total da bacia. Conforme este autor, a área remanescente de vegetação é predominante na parte baixa da bacia, como pode ser observado na figura 44. Porém, a degradação vem avançando também sobre essas áreas, começando pelas mais próximas da zona urbana, como na parte alta e média da bacia.

Figura 44 - Mapa de uso e cobertura da terra da bacia do rio Jacarecica.



Fonte: Cabral (2011)

Na área urbana, observa-se que não há planejamento, com ocupação de encostas, em geral por favelas, e lançamento de esgoto e lixo em toda a extensão. A erosão dos talwegues ocorre pela concentração do escoamento, em regiões de alta declividade, e pela falta de proteção do solo, contribuindo para o assoreamento da foz (LINS, 2005; PEPLAU, 2005).

De modo geral, a urbanização da bacia se estende por áreas residenciais, mas existem vias públicas de grande fluxo (a Via Expressa, por exemplo), que promovem o desenvolvimento de atividades comerciais no entorno dessas avenidas.

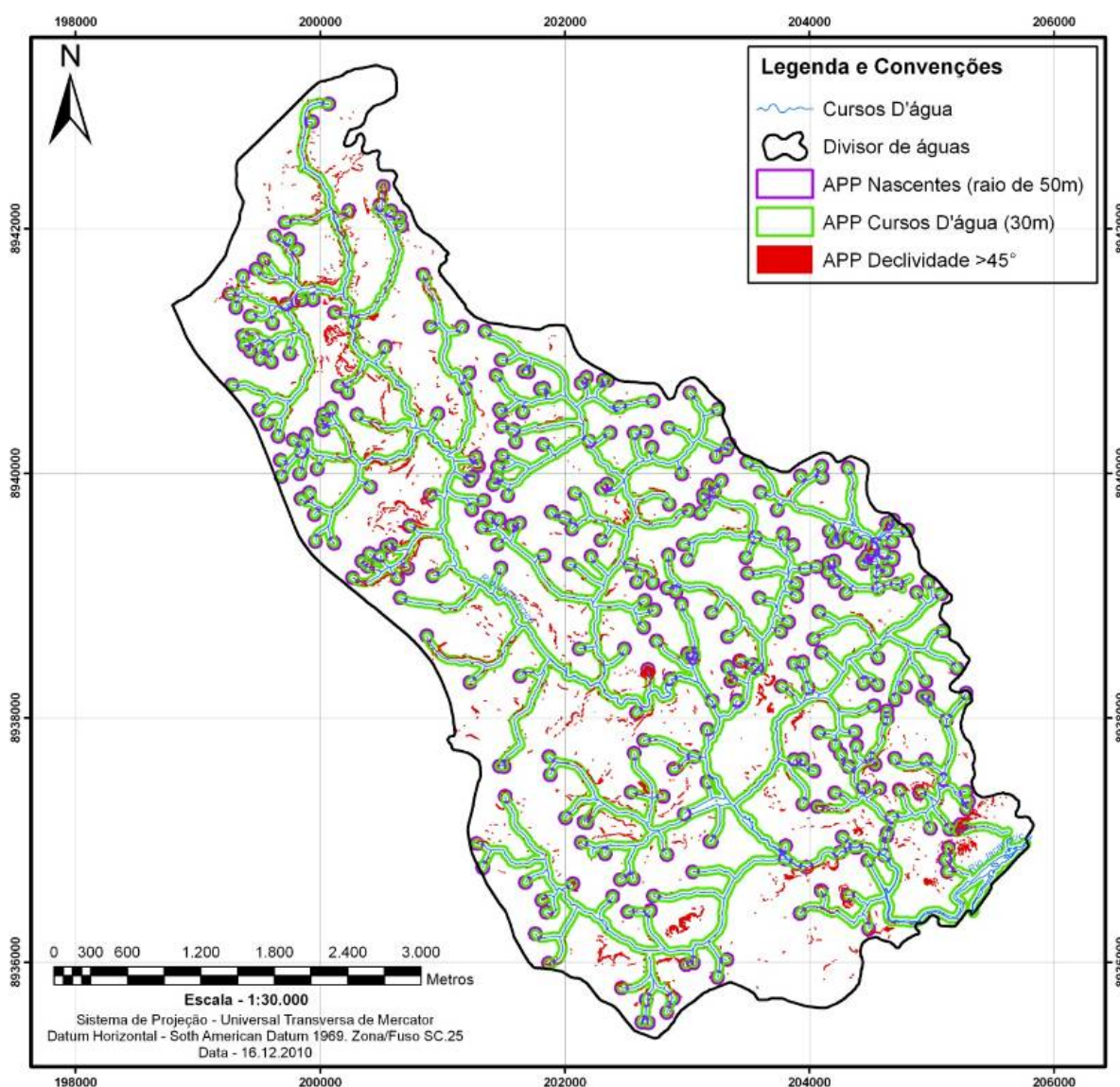
O rio Jacarecica tem um importante papel no desenvolvimento da cidade de Maceió, uma vez que recebe todo o excesso de água drenada (Projeto de Macrodrenagem) da bacia endorréica do Tabuleiro (ALAGOAS, 2005a), minimizando o efeito dos alagamentos, causados basicamente pelo efeito das chuvas em área impermeabilizada e sem exutório. É importante ressaltar que a bacia do Tabuleiro é quase o dobro da bacia do Jacarecica (com 25,46 km²).

A bacia do Tabuleiro sofre intensas cheias nos períodos chuvosos, devido não somente ao seu elevado grau de urbanização, causa da acentuada impermeabilização do solo, mas também devido ao fato de não possuir exutório. A fim de amenizar os transtornos gerados nesses períodos de chuva, o Projeto de Macrodrenagem foi concebido transpondo-se para a bacia do Jacarecica as águas excedentes da bacia do Tabuleiro concentradas em lagoas de retenção, situadas na parte mais baixa da região (PEPLAU, 2005).

ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)

De acordo com Almeida (2011), do total de 25,46 km² da bacia hidrográfica, 9,09 km² (35,70%) são considerados APPs, sendo as matas ciliares as mais representativas, com 6,19 km² (68%) do total das demais APPs (figura 45).

Figura 45 – APPs da bacia do Jacarecica

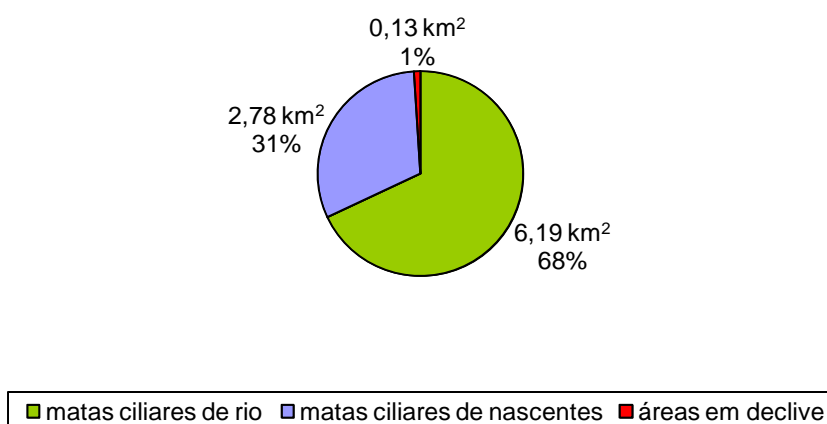


Fonte: Almeida (2011)

As APPs de nascentes representam 2,78 km² (31%) do total da área e as APPs em áreas declivosas representam 0,13 km² (1%) do total de APPs, conforme apresentado na figura 46.

Figura 46 – Área de APPs na bacia do rio Jacarecica

Área de APPs na bacia hidrográfica do rio Jacarecica



É importante ressaltar que a bacia do Jacarecica, estando localizada em área de Mata Atlântica, apresenta vegetações típicas deste bioma, incluindo mangues e restingas.

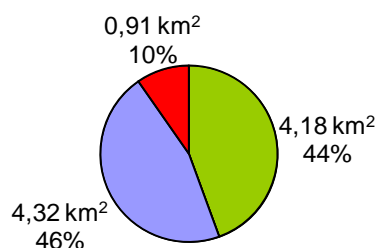
OCUPAÇÃO URBANA E DEGRADAÇÃO DAS APPS

Embora a percentagem de cobertura vegetal da bacia do Jacarecica seja relativamente alta, (51,93%), pouco resta de APPs vegetadas. A maior parte das áreas de topo e de encostas já é área urbana consolidada ou está sendo ocupada por complexos residenciais ou edificações de outra natureza. Grande parte das matas ciliares está degradada.

De acordo com Almeida (2011), a maior ocorrência de ocupação em APPs se dá em áreas ciliares, tendo maior contribuição a ocupação em áreas de nascentes, com 4,32 km² (46%), seguida pelas margens dos cursos d'água, com 4,18 km² (44%), como mostra a figura 47.

Figura 47 - Diagrama da ocupação em percentual das APPs na bacia do rio Jacarecica.

Áreas de APPs ocupadas por categoria na bacia hidrográfica do rio Jacarecica

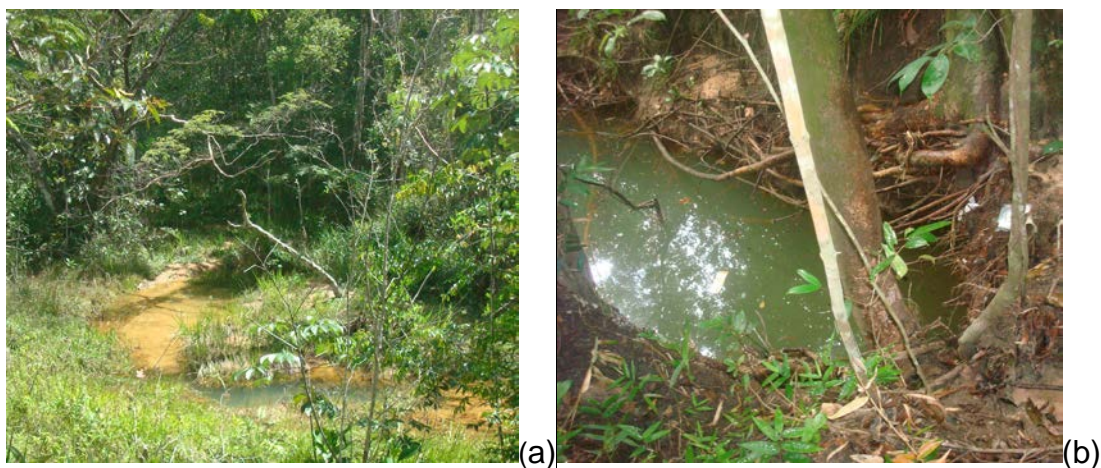


■ matas ciliares de rio ■ matas ciliares de nascentes ■ áreas em declive

Fonte: Autora, 2012, adaptado de Almeida (2011)

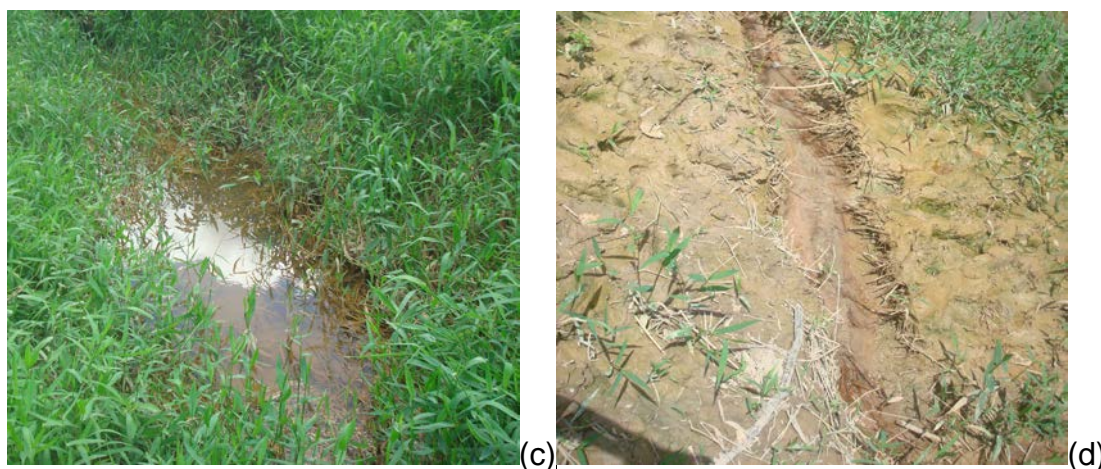
As figuras 48 e 49 mostram nascentes do rio Jacarecica em diferentes estados de conservação. A figura 48, a e b, mostra nascentes com presença de mata ciliar em estágio inicial a médio de regeneração, enquanto que a 49, a e b, mostra nascentes sem mata ciliar.

Figura 48 – Nascentes do rio Jacarecica com presença de mata ciliar em estágio inicial a médio de regeneração (a e b)



Fonte: Autora, 2012

Figura 49 - Nascentes do rio Jacarecica sem mata ciliar com presença de gramíneas (a) e descoberta (b)



Fonte: Autora, 2012

Observa-se que a água das nascentes com presença de mata ciliar, ainda que em estágio inicial de regeneração, está mais protegida quando comparadas à das nascentes sem mata ciliar.

A figura 50 (a e b) mostra a presença de escadas de drenagem pluvial, direcionando as águas da chuva para a nascente, observadas na figura 48-b.

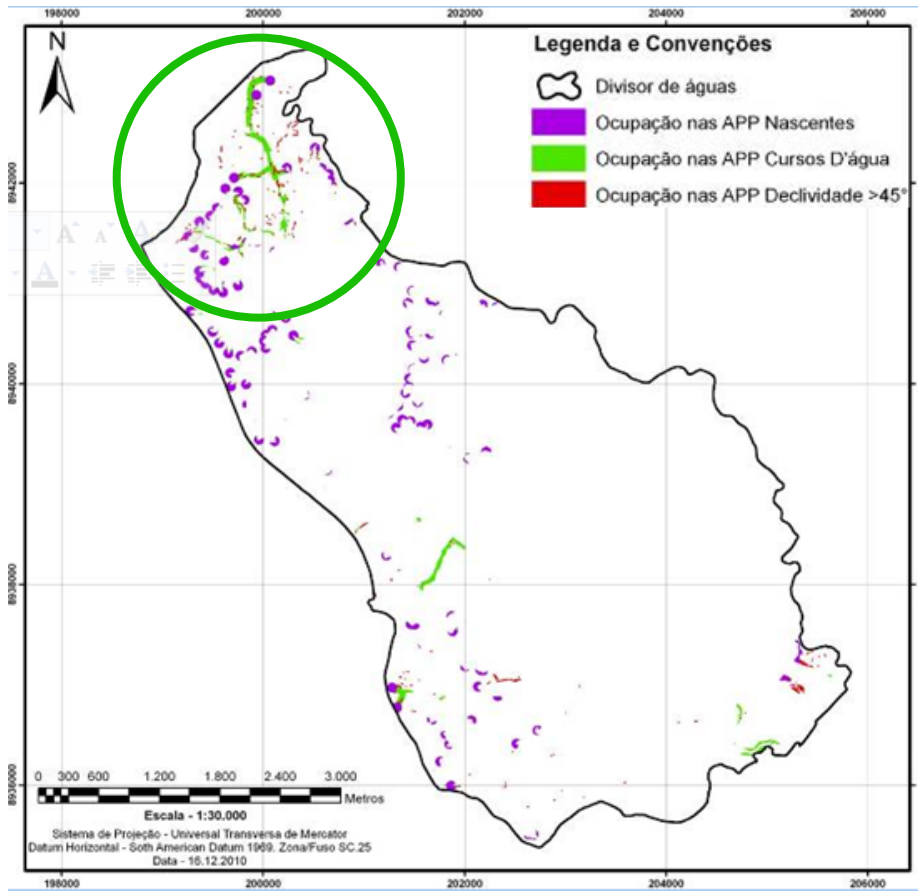
Figura 50 – Escada para drenagem de água pluvial vista ao longe (a); a mesma observada nas proximidades de uma das nascentes do rio Jacarecica (b).



Fonte: Autora, 2012

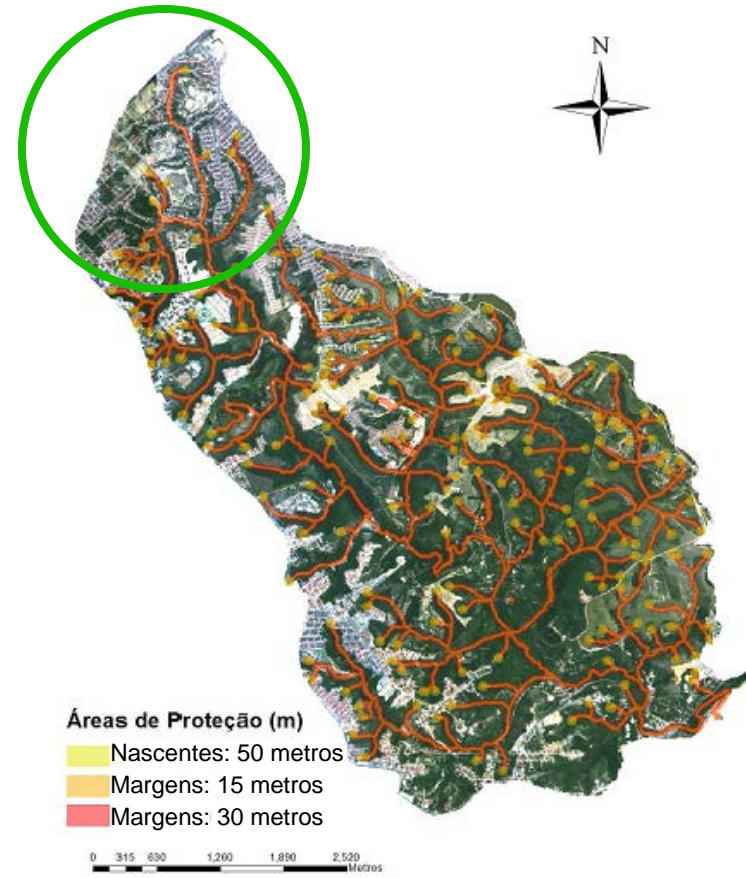
Nas figuras 51 e 52, em destaque, observa-se a localização da área ciliar com maior extensão de degradação (ocupação nas APPs em nascentes e cursos d'água).

Figura 51 - Mapa da ocupação urbana das APPs da bacia do rio Jacarecica



Fonte: Almeida (2011)

Figura 52 – Áreas ciliares protegidas com base do Código Florestal (Lei 4.771/1965) e no Estatuto das Cidades (Lei 10.257/2001)



Silva L. (2011)

Na figura 52 é possível observar a pressão urbana sobre as APPs da cabeceira (em destaque). Nesta região em destaque está localizada a saída das águas drenadas da bacia do Tabuleiro, na cabeceira do rio Jacarecica e, portanto, a jusante de todo os pontos de amostragem deste trabalho.

Na saída da macrodrenagem é observada uma erosão de grandes proporções, como ilustrado na figura 53.

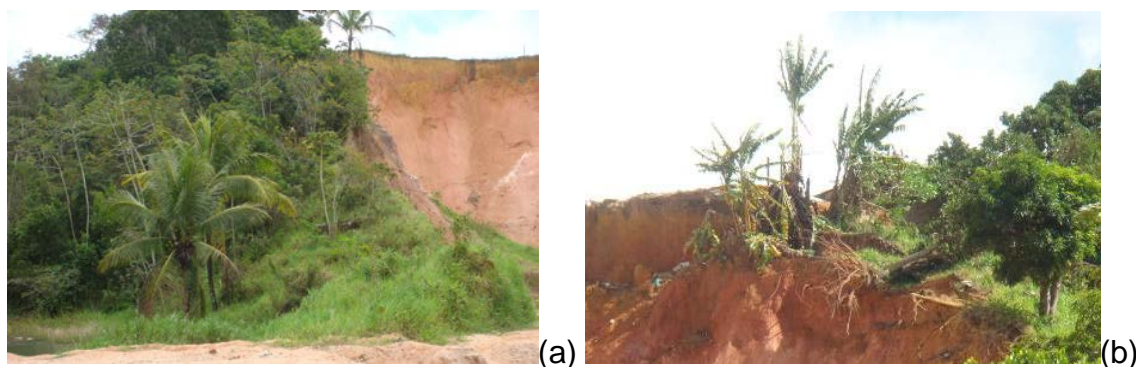
Figura 53 – Trecho do rio Jacarecica correspondente à região ciliar de maior degradação.

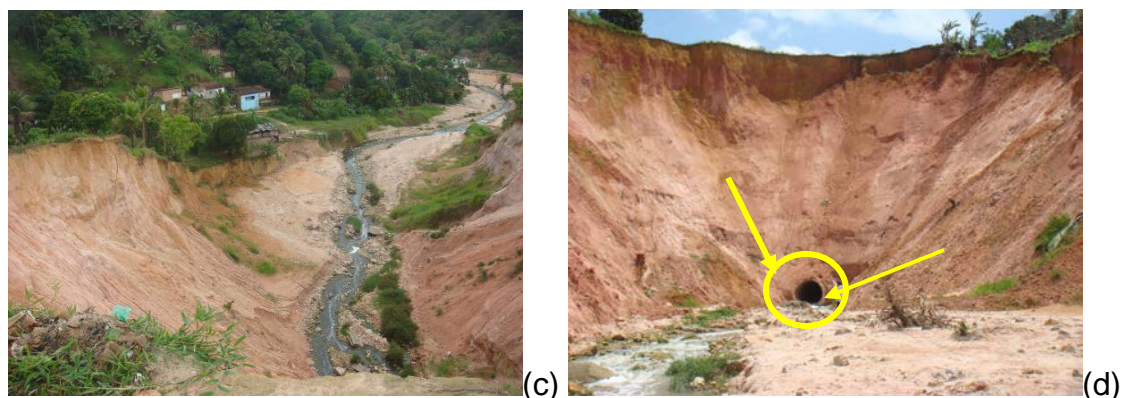


Fonte: A autora desta dissertação a partir de imagens do *Google earth* (2011)

A figura 53 também apresenta imagens da saída da macrodrenagem em vários ângulos de visão. Uma das principais nascentes do rio Jacarecica está localizada nas proximidades dessa saída (fragmento de vegetação observado na Figura 53-a). Casas foram perdidas por desmoronamento do terreno e outras correm sério risco de desabarem pelo desmoronamento (figura 54-b). A extensão da erosão causada nesta região pode ser observada nas figuras 54-c e 54-d.

Figura 54 – Saída da água drenada da macrodrenagem do Tabuleiro em 10/10/2010





Fonte: Autora, 2012

A vegetação, principal forma de proteção dos topos de morro e encostas, protege o solo e atenua a erosão. A retirada da vegetação, portanto, é um dos principais fatores de degradação, como os apresentados na figura 54, onde deveria haver a faixa de 100 metros de vegetação permanente, determinados a partir das bordas do Tabuleiro, tal como definido pelo Código Florestal (Lei 4771/1965). As APPs, de acordo com o Código Florestal, devem ser recuperadas e não ocupadas. Porém, como pode ser visto na figura 54-b, há ocupação por residências bem próximo da encosta. Nesta figura é possível observar ocorrência de ocupação na borda da voçoroca da macrodrenagem (com o detalhe de haver lixo sólido na mesma, provavelmente jogado pela própria população residente em suas proximidades), apesar do alto risco de desbarrancamento pela erosão.

A figura 55 mostra voçoroca provocada por retirada de vegetação em áreas de encosta e borda de tabuleiro, nas proximidades do loteamento do bairro Benedito Bentes, o mesmo observado na figura 55.

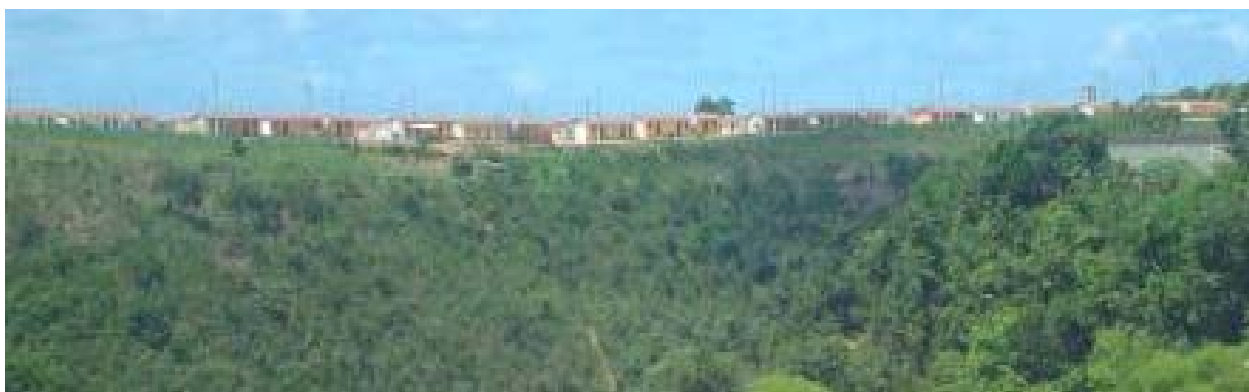
Figura 55 – Voçoroca provocada pela retirada de vegetação nas proximidades do Loteamento do bairro Benedito Bentes



Fonte: Autora, 2012

A figura 56-a mostra a ocupação de encostas no bairro Benedito Bentes (ao fundo da imagem) e remanescentes de vegetação nativa em estágio inicial a médio de regeneração. Na figura 56-b, pode-se observar o resultado da ocupação das APPs de encostas, com ocorrência de deslizamentos, desbarrancamentos e erosões de grandes proporções. Na figura 56-b, pode-se ver uma encosta ocupada irregularmente.

Figura 56 – Ocupação residencial em encostas. Data das fotografias: (a) abril/2010 (b) outubro/2010



(a)



(b)

Fonte: Autora, 2012

Na área da figura 56-b, há rede elétrica e coleta de lixo (observada na figura 57-a), mas não há coleta de esgoto. Grande parte do esgoto desta área é jogado no sistema de drenagem pluvial, como pode ser observado na figura 56-b, ou escorre a céu aberto em direção ao rio Jacarecica.

Figura 57 – Coleta de lixo e instalações elétricas em APPs de encostas nas proximidades da saída da macrodrenagem do Tabuleiro, bairro Benedito Bentes (06/07/10) (a) e esgoto lançado nos canais de drenagem no mesmo bairro (02/11/2010) (b)



Fonte: Autora, 2012

A ocupação das áreas de preservação permanente apresentadas na figura 56-a (encostas de morro) pode, futuramente, ocasionar erosões que, se não controladas, podem chegar ao estado da erosão apresentada na figura 55.

Foi verificada uma enorme voçoroca deixada por extração de argila, localizada em encosta de morro (APP) (figura 58-a). Embora exista uma placa indicando ser esta uma área de recuperação ambiental, moradores relataram haver máquinas operando no local, ainda retirando argila (figura 58-b).

Figura 58 – Ocupação e voçoroca em área de extração de argila em APP com declive acima de 45° na bacia do Jacarecica, no bairro Serraria



Fonte: Autora, 2012

A figura 59 mostra uma área ciliar, nas proximidades das áreas de restinga e mangues, ocupada por favelas. O esgoto é lançado diretamente no leito do rio Jacarecica. As ocupações em áreas ciliares levam a um contato muito próximo com a água de má qualidade do rio, que recebe descargas diretas e indiretas de esgoto – aliás, elas até contribuem para isto; e ainda correm o risco de serem inundadas ou danificadas pela água.

Figura 59 – Ocupação de áreas ciliares nas proximidades da foz



Fonte: ALAGOAS (2005b)

A figura 60 mostra a foz do rio Jacarecica, onde, na margem esquerda (parte superior da imagem), em área de restinga, podem-se ver áreas de cultivo de *Cocos nucifera*, a atividade que resulta em menor impacto sobre os recursos naturais. Nesta imagem, pode-se ver a pressão sobre as áreas de mangue e restinga, também áreas de preservação permanente, podendo-se observar, à beira mar, o que parece ser um loteamento.

Figura 60 – Trecho do rio Jacarecica próximo à Foz e a rodovia AL-101



Fonte: Autora, 2012 a partir de imagens do *Google Earth* (2010)

Legislação e Degradação das APPs

A ocupação das Áreas de Preservação Permanente na bacia do Jacarecica vem acarretando séria degradação dos recursos florestais e hídricos. Pode estar ocorrendo tanto de forma ilegal – por invasões da população de baixa renda ou licenciamentos indevidos – quanto legal, devido às controvérsias geradas na interpretação da lei.

O Código Florestal determina uma faixa mínima de APP de 30 metros em cada margem de rio, considerando-se o nível máximo alcançado nas maiores cheias, totalizando 60 metros de faixa de preservação permanente, mas quase toda a margem do rio Jacarecica está altamente degradada. Há várias áreas ciliares com pastagem, além de outras visivelmente degradadas ou em processo de degradação. De maneira geral, não apresentam largura de vegetação maior que 10 metros. Foi observado que a faixa de 30 metros, determinada pelo Código Florestal, faixa

mínima de vegetação a ser mantida ao longo do rio, não é de forma alguma respeitada.

Outro conflito diz respeito ao Decreto 4.631/1981, que inclui a determinação de mangues, estuários e dunas como Áreas de Preservação Permanente, mas na bacia do Jacarecica os mangues, as restingas, os topos de morro, as encostas, todos - áreas de preservação permanente - estão sendo ocupados.

Classificação e usos preponderantes

O rio Jacarecica, há 20 anos, foi enquadrado pelo Decreto Estadual 3.766/1978 (AL), de acordo com a Portaria MI 13/1976, em rio de classe 1. Trinta anos depois, um segundo decreto, o de número 4.062/2008 (AL), revogou o primeiro.

A Resolução CONAMA 357/2005 determina que o enquadramento deve estar baseado não necessariamente em seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade, de modo a assegurar seus usos preponderantes, atuais e futuros, determinando reduções de custo em combate à poluição das águas mediante ações preventivas permanentes.

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, rios sem enquadramento devem obedecer aos padrões de qualidade de água para classe 2, sendo, após a revogação do Decreto Estadual 3.766/1978 (AL), o caso do rio Jacarecica.

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, as águas dos rios classe 2 são destinadas ao abastecimento humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho (atendendo à Resolução CONAMA nº 274/2000); à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas, de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; à aquicultura e à pesca.

Mas a ocupação urbana interfere direta e/ou indiretamente na qualidade da água dos rios, e dados do Plano Diretor da Região Hidrográfica do Pratygy indicam que a qualidade das águas da bacia do Jacarecica vem piorando com o processo de urbanização. Como apresentado no item anterior, o primeiro sinal de ocupação urbana é o desmatamento, que, já de imediato, interfere indiretamente na qualidade das águas, facilitando a erosão e o carreamento de sólidos, além de produtos químicos e/ou esgotos para os cursos d'água e, conseqüentemente, assoreamento. O lixo depositado inadequadamente pode ser carreado com as chuvas, como pode ser observado na figura 61.

Figura 61 – Lixo depositado nas margens do rio Jacarecica e/ou carregado pelas águas das chuvas (a) e lixo no rio Jacarecica (b) (fotografados em 02/09/2010)



Fonte: Autora, 2012

O sistema de coleta de esgotos de Maceió somente atende a 27% da população (CASAL, 2012b), sendo comum o lançamento de esgotos em sarjetas ou linhas d'água, indo para as galerias de águas pluviais que os drenam para os talvegues e atingem de forma difusa o rio, como ocorre com o Jacarecica. Existem também os casos das áreas ocupadas ilegalmente, que lançam seus efluentes diretamente na drenagem natural, chegando ao rio.

No caso do rio Jacarecica, especificamente, há interferência direta do lançamento das águas da macrodrenagem do Tabuleiro nas proximidades da sua principal nascente. Isso contribui para a má qualidade relatada por Peplau (2005), de acordo com Lins (2005) e ALAGOAS (2005a), e ainda forte e claramente para o processo erosivo.

A má qualidade da água drenada da bacia do Tabuleiro pode ser comprovada visualmente pela elevada quantidade de macrófitas em uma das lagoas de detenção do sistema de macrodrenagem (figura 62-a), certamente devido ao excesso de nutrientes, e pela formação de espuma na zona de descarte do sistema de drenagem na nascente do rio Jacarecica (figura 62-b).

Figura 62 - Presença de macrófitas na lagoa de detenção da macrodrenagem (lagoa 1) (a) e na água do rio Jacarecica em ponto próximo à saída das águas drenadas da bacia do Tabuleiro (b)



Fonte: (a) ALAGOAS (2005b); (b) Autora, 2012

Nas proximidades deste mesmo local há uma pocilga (figura 63-a) e, mesmo assim, essa água ainda é utilizada para dessedentação animal (figura 63-b) imediatamente no encontro das águas na saída da água drenada da bacia do Tabuleiro e do esgoto vindo da pocilga.

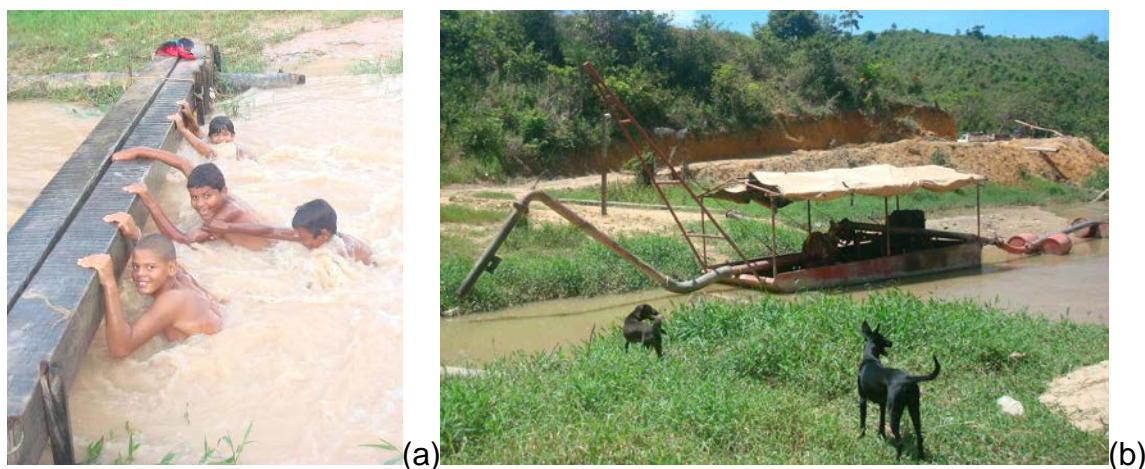
Figura 63 – Pocilga que lança esgoto diretamente no rio Jacarecica, nas proximidades da saída da macrodrenagem (a); animal bebendo água nas proximidades deste local (10/10/2010) (b)



Fonte: Autora, 2012

Outros usos também foram observados na bacia do Jacarecica, como a recreação de crianças (figura 64-a) nas proximidades de uma draga em funcionamento (figura 64-b).

Figura 64 - Recreação no rio Jacarecica (ponto P1 em 17/06/10 (a) e draga em operação (18/06/10) (b)



Fonte: Autora, 2012

Há fatores difusos que contribuem para a degradação da água deste rio, como a aplicação de herbicida em suas margens (figura 65-a) pelo mesmo homem que faz a pesca de camarão de água doce (figura 65-b).

Figura 65 - Aplicação de herbicida nas margens do rio Jacarecica (02/11/2010) (a) e o mesmo homem pescando camarão nas proximidades da foz do rio Jacarecica (02/09/2010) (b)



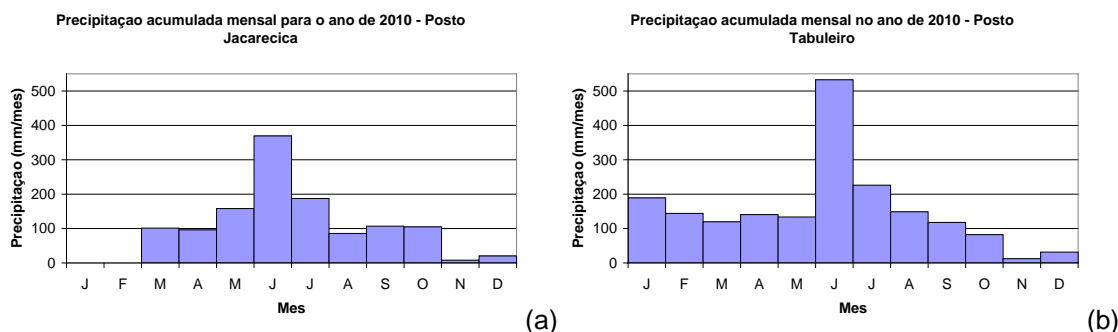
Fonte: Autora, 2012

5.2 Análise de precipitação e vazão

A precipitação acumulada mensal para os postos de coleta no ano de 2010 pode ser observada na figura 66. Observa-se que junho foi o mês que apresentou maior precipitação acumulada em ambos os postos. Conforme observado na figura 66 – Precipitação acumulada mensal em 2010 no Posto Jacarecica (SEMARH) (a) e no Posto Tabuleiro (b) – os dados de precipitação no ano de 2010 em junho foram

acima da média histórica em ambos os postos (350 a 400 mm no posto Tabuleiro e 25 a 325 mm no posto Jacarecica).

Figura 66 – Precipitação acumulada mensal em 2010 no Posto Jacarecica (SEMARH) (a) e no Posto Tabuleiro (b)



Fonte: Autora, 2012 a partir de dados históricos do INMET e da SEMARH (ALAGOAS, 2011)

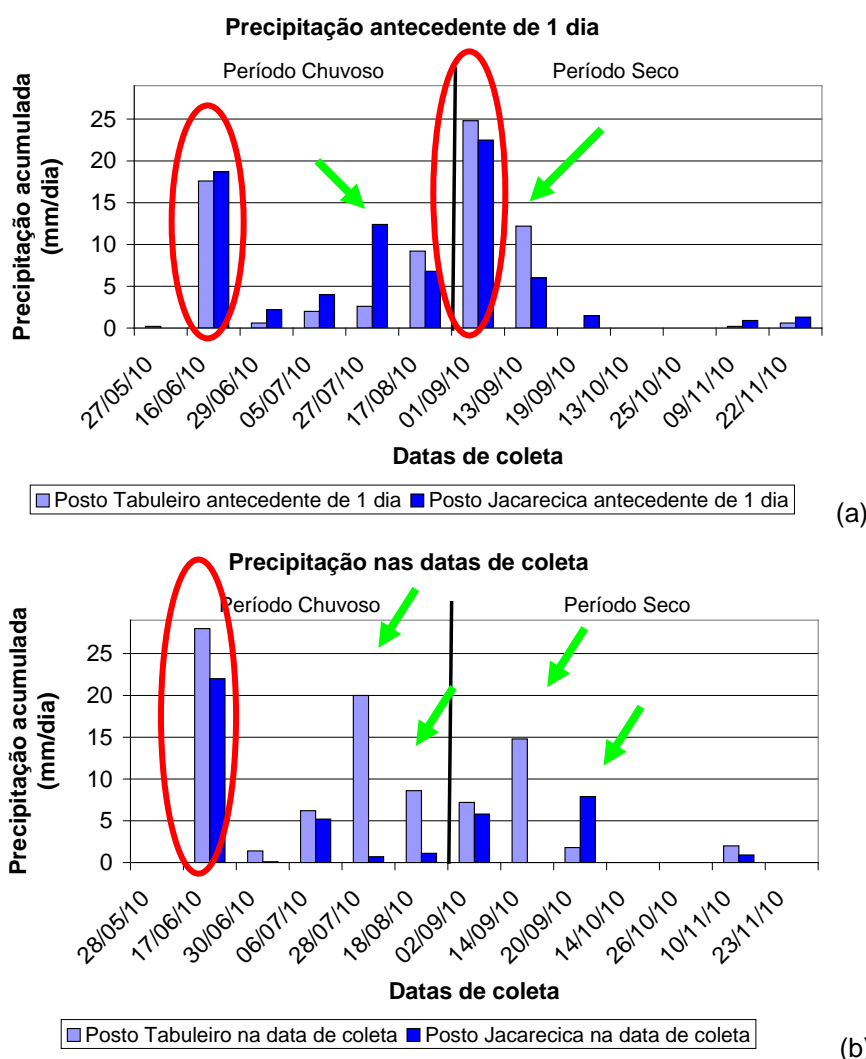
A figura 67 (a) apresenta os dados de precipitação acumulada antecedente de 1 dia e nas datas de coleta.

As precipitações antecedentes de 1 dia foram altas para ambos os postos nos dias 16/06 e 01/09 (em destaque, em vermelho, na figura 67-a). Nos dias 27/07 e 13/09 (em destaque, em verde) os postos tiveram entre si uma diferença de 9,8 e 6,2 mm/dia, respectivamente. Com exceção destes dias, não houve diferença na contribuição de chuva antecedente dos postos superior a 2,5 mm/dia, para as demais datas de coleta.

Nas datas de coleta, a precipitação medida nos postos foi alta em ambos os postos no dia 17/06 (em destaque, em vermelho, na figura 67-b), tendo o Posto Jacarecica e o Tabuleiro apresentado 22 e 28mm, respectivamente, com uma diferença de precipitação de 6mm no dia. Porém, nos dias 28/07, 18/08, 14/09 e 20/09 (em destaque, em verde), os postos apresentaram, entre si, grandes diferenças de precipitação em relação às demais datas: 19,3mm/dia, 7,5mm/dia, 14,8mm/dia e 6,10mm/dia respectivamente. Nas demais datas, a diferença foi igual ou inferior a 1,4mm/dia.

Na análise dos dados é possível verificar que, com exceção do dia 20/09, o Posto Tabuleiro contribuiu com maiores lâminas precipitadas no período coletado.

Figura 67 – Precipitação antecedente de 1 dia (a) e nas datas de coleta (b) no Posto Tabuleiro do INMET e no Posto Jacarecica, da SEMARH.



Fonte: Autora, 2012 a partir de dados do INMET e da SEMARH (ALAGOAS, 2011)

Inicialmente, havia 2 pontos de medição de vazão, sendo estes P1, representando o ponto sem mata ciliar, e P4, representando o ponto com mata ciliar. Neles, foram instaladas réguas para medição de nível. Porém, logo no início das primeiras chuvas, a régua em P1 foi soterrada, em função do assoreamento; em P4, foi carregada pelas águas do rio. O assoreamento em P1 foi tão intenso que impossibilitou a medição de vazão pelo fato de que a altura da lâmina de água do rio chegou a ficar menor que a altura da hélice do molinete.

A amostragem deste trabalho foi realizada em conjunto com os trabalhos de campo de Cabral (2010). Assim, com a perda de P1 para a medição de vazão, aproveitou-se a do experimento de Cabral (2010), em P3.

Dessa forma, foram realizadas 10 medições de vazão instantânea ao longo do período estudado, nos pontos P3 e P4.

Os resultados de vazão obtidos, assim como as observações do diário de campo relativas à precipitação durante as coletas, estão apresentados na tabela 17.

Tabela 17 – Vazão específica e medida em P3 e P4; dados de precipitação antecedente e na data de coleta e observações de campo

Data	Vazão específica (m ³ /s/km ²)		Vazão medida (m ³ /s)		Chuva 1 dia antecedente (mm/dia)		Chuva nas datas de coleta (mm/dia)		OBSERVAÇÕES
	P3	P4	P3	P4	Posto Jacarecica	Posto Tabuleiro	Posto Jacarecica	Posto Tabuleiro	
28/05/10	-	-	-	-	0	0,2	0	0	Chuva intensa de manhã e à tarde
17/06/10	-	-	-	-	18,7	17,6	22	28	Chuva intensa de manhã e à tarde
30/06/10	0,049271	0,037689	0,6425	0,5578	2,2	0,6	0	1,4	Manhã seca, chuva leve antes da coleta da tarde (chuva antecedente à noite toda)
06/07/10	0,033512	0,046547	0,437	0,6889	4	2	5	6,2	Tempo nublado com chuva antecedente à noite
28/07/10	0,047301	0,030953	0,6168	0,4581	12,4	2,6	1	20	Tempo nublado com chuva na noite anterior
18/08/10	0,053121	0,030061	0,6927	0,4449	6,8	9,2	1	8,6	Manhã nublada, chuva leve no meio do dia com chuva antecedente à noite
02/09/10	0,066457	0,049655	0,8666	0,7349	22,5	24,8	6	7,2	Chuva antecedente à noite, durante o dia todo e no início da manhã
14/09/10	0,046373	0,034547	0,6047	0,5113	6	12,2	0	14,8	Chuva no dia anterior inteiro, na noite da coleta e no início da manhã
20/09/10	0,038995	0,041405	0,5085	0,6128	1,5	0	8	1,8	Tempo nublado com chuva intensa na parte da manhã, principalmente em P1, P2 e P3.
14/10/10	-	-	-	-	0	0	0	0	Dia quente, sem chuva
26/10/10	0,03615	0,026797	0,4714	0,3966	0	0	0	0	Manhã seca com chuva leve ao final da manhã e chuva leve antecedente há cerca de 2 dias
10/11/10	0,025567	0,022284	0,3334	0,3298	0,9	0,2	1	2	Dia quente e seco
23/11/10	0,042508	0,033696	0,5543	0,4987	1,3	0,6	0	0	Dia quente e seco
MÉDIA	0,043926	0,396568	0,5728	5,8692	5,4	3,4	6,9	0,6	

(-) não houve medição

Fonte: Autora, 2012

Observa-se, na tabela 17, que as observações do diário de campo não condizem com os dados de ambos os postos de coleta de dados pluviométricos nos dias 28/05 e 26/10, pois apresentaram dados de precipitação zero, enquanto as observações de campo acusaram chuva. Provavelmente a bacia do Jacarecica teve ocorrência de chuva convectiva, localizada, que não chegou a atingir os pontos de localização dos postos. Deve ser considerado também que os postos de coleta pluviométrica estão localizados nas proximidades da bacia e não dentro dela. Ou seja, os dados obtidos nesses postos podem não representar a precipitação ocorrida na bacia. Porém, volta-se a reforçar que os mesmos serão utilizados por duas razões:

- as águas da Bacia do Tabuleiro são drenadas (ou transpostas) para o rio Jacarecica, carreando, juntamente com a água drenada, esgoto lançado nos canais de drenagem, elevando a vazão do rio;

- a hipótese de que a precipitação do Posto Jacarecica não foi representativa da bacia do Jacarecica só deve ser descartada após análise dos dados de qualidade.

No dia 10/11 aconteceu o inverso: o diário de campo acusou dia seco, enquanto que os dados dos postos apresentaram precipitação leve.

Houve falhas na coleta dos dados de vazão nos dias 28/05, 17/06 e 14/10. No dia 28/05, houve problemas no manuseio do molinete, impossibilitando a medição de vazão.

No dia 17/06, os dados não foram coletados devido aos altos valores de vazão e ao risco que isto representava ao entrar no rio, tendo os valores para esta data, provavelmente, extrapolado a máxima vazão medida, no dia 02/09 (média diária de $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$). O alto valor de vazão pode ser justificado pelos maiores valores de precipitação observados tanto na Bacia do Tabuleiro quanto no Posto Jacarecica, antecedente e diária, para a data, como pode ser visto na figura 67.

No dia 14/10, a lâmina de água estava menor que 10cm (comprimento do molinete), o que impossibilitou a medição da vazão.

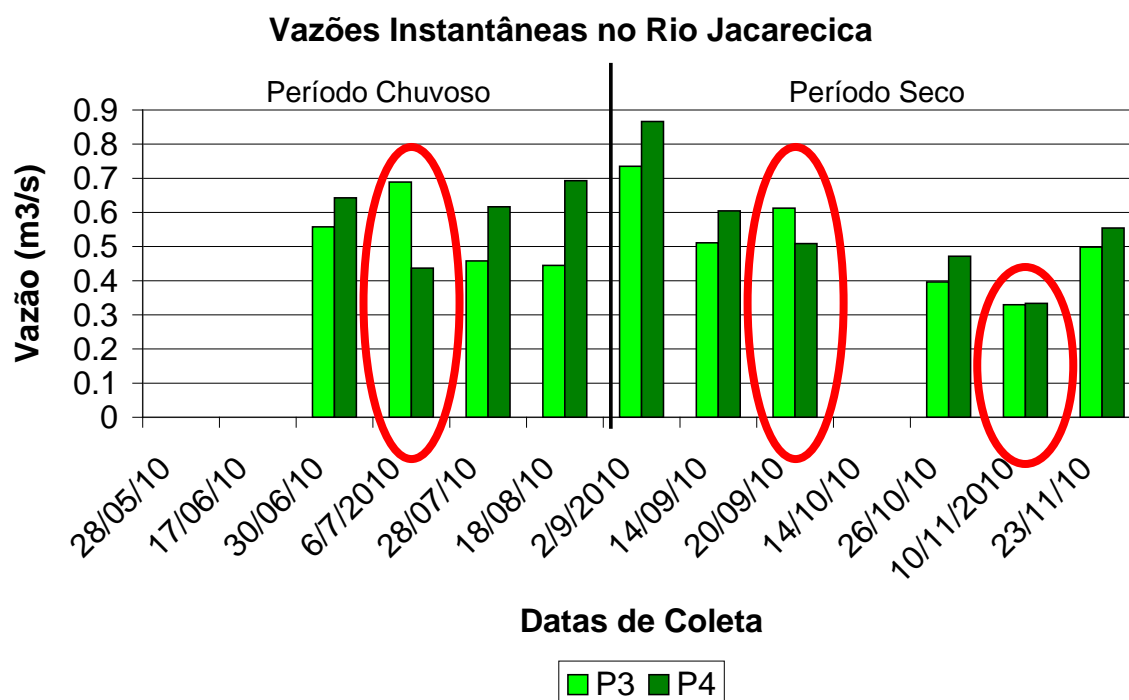
A figura 68 mostra a vazão instantânea média diária observada nos pontos P3 e P4 no rio Jacarecica durante o período de estudo. Observa-se que nos dias 06/07 e 20/09 os valores de vazão em P4 estão menores que em P3. Deve-se lembrar que P3 está a montante de P4, ou seja, em princípio espera-se que P4 tenha vazões maiores que em P3.

Existem duas explicações possíveis:

1: a redução da vazão em P4 pode ter ocorrido pelo funcionamento de uma bomba de captação de água em P4, ou em regiões a montante de P4 e a jusante de P3;

2: a elevação da vazão em P3 pode ter ocorrido em função de algum lançamento de efluente em P3 ou regiões a montante.

Figura 68 – Vazões instantâneas médias diárias no rio Jacarecica



Fonte: Autora, 2012

A vazão média desse corpo hídrico no ponto P3 no período chuvoso analisado (30/06 a 18/08) apresentou um valor de $0,537 \text{ m}^3/\text{s}$, enquanto que no período de estiagem analisado (02/09 a 23/11, com uma falha em 14/10) foi de $0,514 \text{ m}^3/\text{s}$. Já no ponto P4 no período chuvoso, a vazão média apresentou um valor de $0,597 \text{ m}^3/\text{s}$, enquanto que no período de estiagem foi de $0,556 \text{ m}^3/\text{s}$. Vale ressaltar que a vazão medida em campo é a vazão instantânea. Esses valores resultam em uma diferença média de vazão entre os pontos de $0,06 \text{ m}^3/\text{s}$ no período chuvoso e de $0,04 \text{ m}^3/\text{s}$ no período seco.

5.3 Análise da qualidade da água

Os resultados obtidos estão descritos e analisados a seguir, agrupados em parâmetros físicos, químicos e biológicos. Foi feita a correlação entre os parâmetros de qualidade e de precipitação e os dados de qualidade e vazão. Foi observada a correlação insatisfatória, para quase todos os parâmetros, com um valor médio de

R^2 de 0,0894. A correlação entre precipitação antecedente acumulada mensal e a data de coleta nos postos analisados (R^2) foi de 0,773; entre a precipitação do posto Jacarecica e a média das vazões medidas, foi de 0,5873; entre sólidos sedimentáveis e fósforo total, foi de 0,6847; e entre cor e turbidez, foi de 0,8927. As demais correlações observadas estavam abaixo de 0,5. Estes dados podem ser observados na tabela 18.

A correlação baixa entre os dados de vazão e precipitação já era esperada, já que ambos os postos estão localizados fora da bacia do Jacarecica. Porém, esperava-se que a correlação entre os dados de vazão medidos e a precipitação do posto Tabuleiro fosse mais elevada, considerando a transposição de suas águas para o rio Jacarecica, com influência direta sobre a sua vazão.

A baixa correlação entre os dados de qualidade, vazão e precipitação leva a crer que a ocorrência de efluentes na bacia é difusa e que os tipos de efluentes não têm um padrão de qualidade nem de frequência, tendo por isso contribuído diferentemente ao longo dos períodos de coleta. Não se verificou correlação satisfatória – com exceção de turbidez e cor – também entre os parâmetros de qualidade analisados.

Tabela 18 - Correlação entre parâmetros de qualidade, vazão e precipitação obtidos a partir de dados medidos na bacia do rio jacarecica em 2010

Correlação entre parâmetros de qualidade, vazão e precipitação obtidos a partir de dados medidos na bacia do rio Jacarecica em 2010																			
Vazão																			
P Jacar.	0.5873																		
P Tab.	0.3915	0.7730																	
Tagua	0.1239	0.0931	0.2693																
Turb.	0.0001	0.0032	0.0097	E-6															
Cor ap.	0.0035	0.0282	0.0697	0.0003	0.8927														
Sól. sd.	0.1452	0.0569	0.1392	0.0085	0.0903	0.0029													
STD	0.0934	0.2150	0.1407	0.0002	0.0236	0.0116	0.0081												
Condut.	0.0413	0.0186	0.0032	0.1063	0.0329	0.0073	0.0171	0.0379											
pH	0.1254	0.0246	0.1219	0.4350	0.0064	0.0045	0.0007	0.0342	0.2156										
N-am.	0.0072	0.0187	0.0763	0.0015	0.0598	0.0771	0.0000	0.0191	0.0667	0.1629									
Nitrito	0.0666	0.0002	0.0004	0.0003	0.0162	0.0042	0.0418	0.1569	0.0667	0.3672	0.2334								
Nitrato	0.0053	0.0104	0.0052	0.3780	0.0018	0.0021	0.0082	0.2218	0.0771	0.0675	0.2334	0.1966							
Ptotal	0.0187	0.1411	0.2597	0.0163	0.1058	0.0022	0.6847	0.0447	0.0130	0.0004	0.0027	0.0583	0.0330						
OD	0.1439	0.2279	0.2329	0.0041	0.0329	0.1025	0.0465	0.0053	0.1260	0.0016	0.0000	0.0037	0.0020	0.1766					
DBO	0.0092	0.1626	0.0486	0.0015	0.2068	0.1667	0.0051	0.0013	0.2329	0.1191	0.0375	0.0646	0.0017	0.0621	0.2328				
Fe	0.0874	0.0101	0.1558	0.0229	0.0248	0.0934	0.1379	E-7	0.0099	0.1027	0.2551	0.0148	0.0000	0.1771	0.0714	0.0222			
Coli tot.	0.0096	0.0000	0.0508	0.4372	0.0101	0.0050	0.0288	0.0001	0.0444	0.2404	0.0990	0.0221	0.0410	0.0098	0.0047	0.0387	0.0092		
E. coli	0.0148	0.0307	0.0133	0.1317	0.1694	0.1665	0.0002	0.0896	0.0247	0.0000	0.1758	0.0312	0.0282	0.0063	0.0084	0.0320	0.0067	0.3602	
	Vazão	P Jacar.	P Tab.	Tagua	Turb.	Cor ap.	Sól. sd.	STD	Cond.	pH	N-am.	Nitrito	Nitrato	Ptotal	OD	DBO	Fe	Coli tot.	E. coli

Fonte: Autora, 2012

5.3.1 Parâmetros físicos

Os parâmetros físicos avaliados foram cor, turbidez, sólidos sedimentáveis, sólidos totais dissolvidos e temperatura. Esses dados foram agrupados levando-se em consideração a localização do ponto de coleta, se está em área sem mata ciliar (pontos P1 e P2) ou com mata ciliar (pontos P3 e P4), em período chuvoso (março/agosto) ou de estiagem (setembro/fevereiro), aqui chamado de período seco. Estes resultados estão apresentados nas tabela 19 e tabela 20, e ilustrados nos gráficos da figura 69.

Tabela 19 – Valores obtidos para os parâmetros físicos em período seco.

PARÂMETRO	PONTO	mínimo	Q1	mediana	Q3	máximo	Discrepância
Temperatura (°C) Sem mata ciliar	P1	22,0	24,0	25,5	28,0	32,0	-
	P2	23,0	24,5	28,5	28,5	31,5	-
Temperatura (°C) Com mata ciliar	P3	24,0	24,5	28,0	28,0	31,0	-
	P4	24,0	24,5	28,0	28,0	29,0	-
Cor aparente (uC) Sem mata ciliar	P1	71	91	130	196	296	1599
	P2	78	95	120	179	261	723
Cor aparente (uC) Com mata ciliar	P3	67	91	124	207	238	450
	P4	78	90	124	198	225	501
Turbidez (UNT) Sem mata ciliar	P1	42	51	74	154	251	1825
	P2	36	47	70	176	223	680
Turbidez (UNT) Com mata ciliar	P3	31	43	74	144	173	379
	P4	42	55	64	146	163	409
Sólidos sedim. (mL/L) Sem mata ciliar	P1	0,30	0,50	0,70	1,00	1,10	8,00 – 2,50
	P2	0,60	0,70	0,80	0,80	0,80	1,90-1,20-1,05-0,45
Sólidos sedim. (mL/L) Com mata ciliar	P3	0,30	0,50	0,80	1,10	1,75	2,10
	P4	0,50	0,65	0,725	0,80	0,85	3,50-1,20-0,40
STD (mg/L) Sem mata ciliar	P1	114	172	205	354	458	-
	P2	106	156	211	369	527	1334
STD (mg/L) Com mata ciliar	P3	96	132	225	465	584	-
	P4	30	142	184	275	471	580
Condutividade (mS/cm) Sem mata ciliar	P1	0,188	0,217	0,260	0,282	0,296	0,404
	P2	0,151	0,187	0,210	0,218	0,266	0,138-0,249
Condutividade (mS/cm) Com mata ciliar	P3	0,138	0,182	0,208	0,224	0,238	-
	P4	0,151	0,184	0,199	0,212	0,229	-

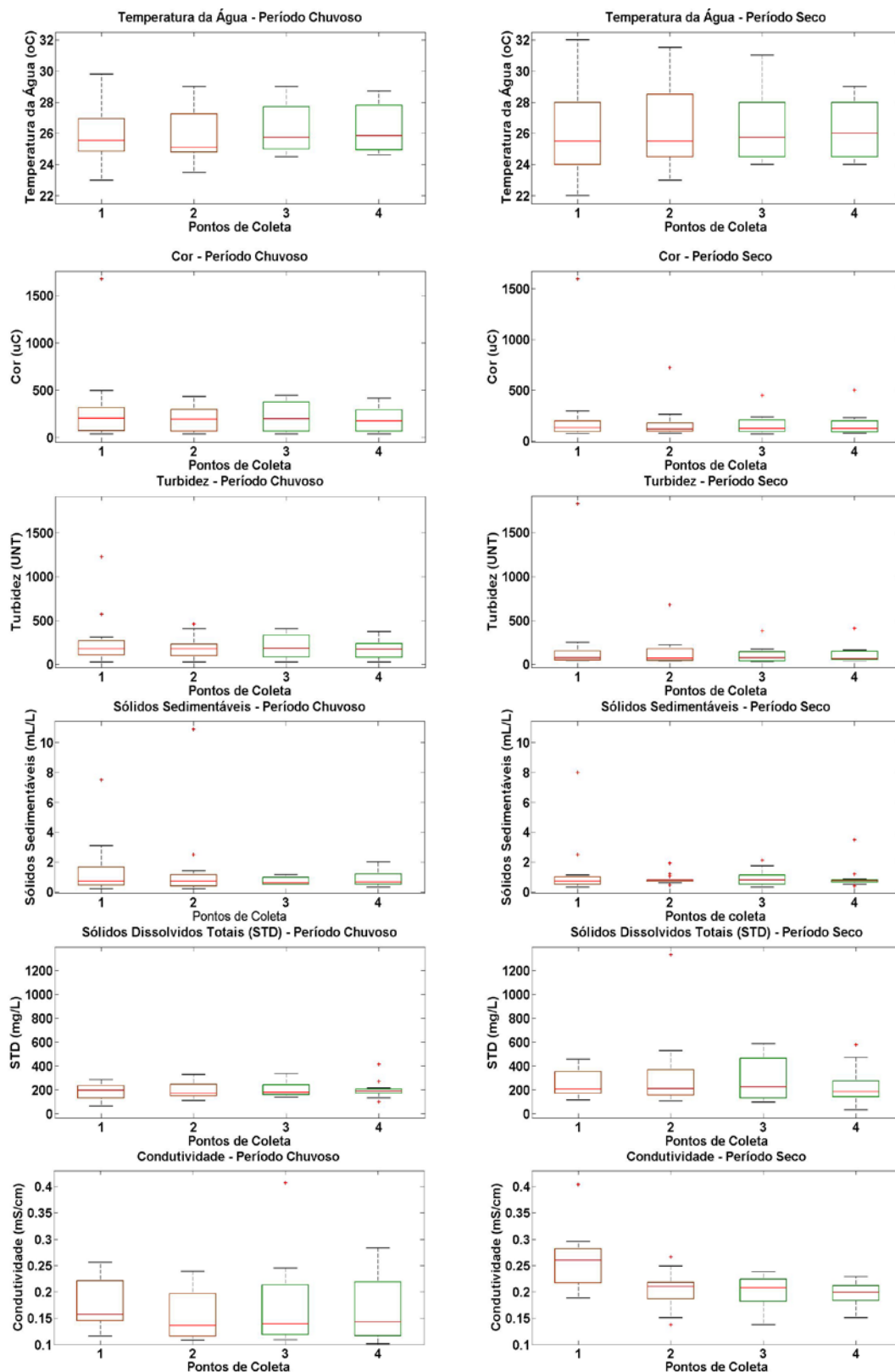
Fonte: Autora, 2012

Tabela 20 – Valores obtidos para os parâmetros físicos em período chuvoso.

PARÂMETRO	PONTO	mínimo	Q1	mediana	Q3	máximo	Discrepância
Temperatura (°C) Sem mata ciliar	P1	23,0	24,9	25,6	27,0	29,8	-
	P2	23,5	24,8	25,1	27,3	29,0	-
Temperatura (°C) Com mata ciliar	P3	24,5	25,0	25,8	28,0	29,0	-
	P4	24,6	25,0	25,9	27,8	28,7	-
Cor aparente (uC) Sem mata ciliar	P1	35	71	204	313	494	1676
	P2	35	70	195	299	434	-
Cor aparente (uC) Com mata ciliar	P3	36	67	198	373	445	-
	P4	37	66	177	295	415	-
Turbidez Sem mata ciliar (UNT)	P1	26	109	180	272	308	1225
	P2	28	99	176	232	408	461
Turbidez (UNT) Com mata ciliar	P3	28	87	180	333	405	-
	P4	28	82	172	235	371	-
Sólidos sedim. (mL/L) Sem mata ciliar	P1	0,20	0,45	0,70	1,65	3,10	7,50
	P2	0,20	0,40	0,70	1,15	4,00	10,90-2,50
Sólidos sedim. (mL/L) Com mata ciliar	P3	0,50	0,50	0,60	0,95	1,15	-
	P4	0,30	0,50	0,65	1,20	2,00	-
STD (mg/L) Sem mata ciliar	P1	62	132	195	236	286	
	P2	111	148	169	245	328	
	P3	140	158	177	241	336	
STD (mg/L) Com mata ciliar	P4	131	169	187	206	212	414-272 98
Condutividade (mS/cm) Sem mata ciliar	P1	0,116	0,146	0,158	0,221	0,256	-
	P2	0,108	0,116	0,136	0,197	0,239	-
Condutividade (mS/cm) Com mata ciliar	P3	0,109	0,119	0,140	0,214	0,245	0,407
	P4	0,101	0,117	0,143	0,219	0,203	-

Fonte: Autora, 2012

Figura 69 – Diagrama com valores dos parâmetros físicos em período seco e chuvoso, nos 4 pontos de coleta



Fonte: Autora, 2012

TEMPERATURA (°C)

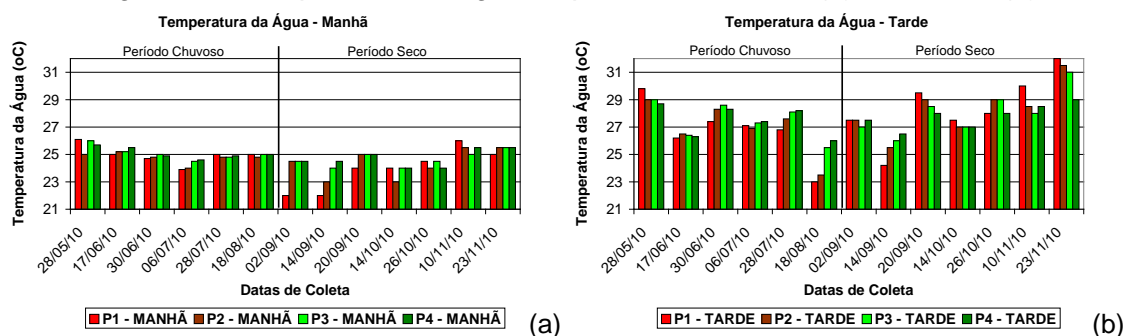
No geral, a temperatura variou de 22,0 a 26,1°C, no período da manhã, e de 23 a 32°C, no período da tarde. A média para todo o período foi de 26,2°C. A média apresentada no período da manhã foi de 24,7°C, enquanto que a do período da tarde foi de 27,7°C.

A análise feita para a temperatura da água mostrou que os pontos sem mata ciliar apresentaram valores mínimos inferiores e máximos superiores tanto para o período seco quanto para o chuvoso. Essa variação pode ser visualizada nas figuras 69 (*boxplots*) e 70. Este é um comportamento já esperado, já que a ausência de mata ciliar permite maior incidência solar (elevando as temperaturas ao longo do dia e nos períodos com maior incidência solar), mas também - mais perdas de calor (reduzindo as temperaturas noturnas e nos períodos com menor incidência solar). Este comportamento pode ser claramente observado em áreas desérticas, onde não há florestas.

Através dos *boxplots* (figura 69), é possível observar que, com exceção de P4, os dados médios não traduzem o valor mais central (representado pela mediana) para o período seco e chuvoso. As variações de temperatura da água podem ser observadas na figura 70.

A mediana, para todo o período de coleta, apresentou variações, entre pontos, inferiores a 0,75°C, com exceção de P1 no período chuvoso, que teve uma diferença de 2,5 a 3,0°C para os demais pontos. Essa variação foi semelhante à encontrada por Donadio et al. (2005), na bacia do Córrego Rico/SP, de 2,75°C em ambiente com presença de vegetação florestal e com pastagem (variação de 17,5 a 19,8°C em nascente com vegetação natural, e de 20,2 a 22°C em nascentes com pastagem).

Figura 70 – Temperatura da água no período da manhã (a) e da tarde (b)

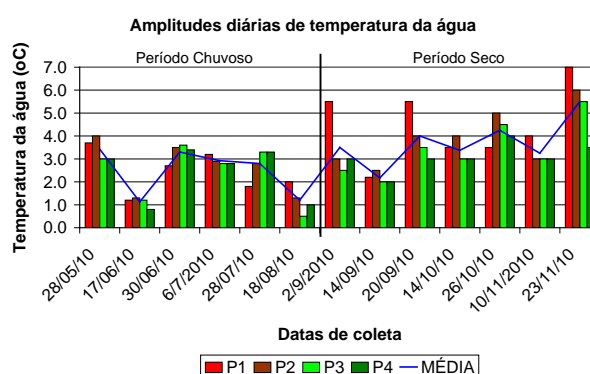


Fonte: Autora, 2012

Como pode ser visualizado na figura 71 e na tabela 21, em 23/11 P1 chegou a ter uma amplitude diária de 7,0°C – o maior valor de amplitude de temperatura

observado durante o período de coleta. Observa-se que P1 apresentou os maiores valores médios de amplitude diária (3,6°C), enquanto que P4 apresentou os menores (2,7°C) – para uma média geral de 3,2°C. Embora a maior parte dos valores tenha tido variações inferiores a 0,75°C, todos os pontos superaram a amplitude de 3,0°C em alguma ocasião, considerada significativa pela CONAMA 357/2005, em caso de lançamento de efluentes. Como se vê, as amplitudes foram maiores no período seco, tendo apresentado números superiores a 5,0°C nos dias 02/09 e 20/09, em P1, e em 23/11, em todos os pontos, exceto P4.

Figura 71 – Amplitudes diárias de temperatura da água para os pontos analisados



Fonte: Autora, 2012

Tabela 21 – Valores de amplitude diária de temperatura da água nos pontos analisados

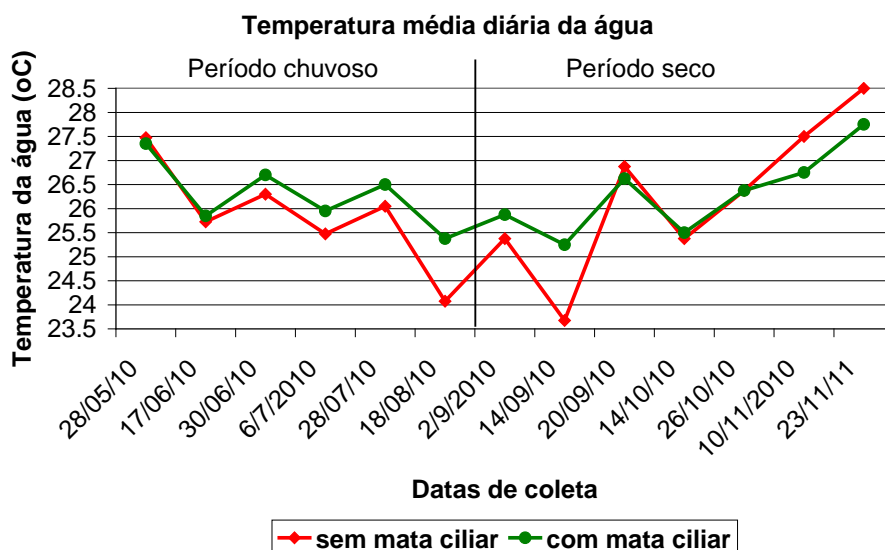
Trechos	Pontos de coleta	Menor amplitude (°C)	Maior amplitude (°C)
SEM mata ciliar	P1	1.2	7.0
	P2	1.3	6.0
COM mata ciliar	P3	0.5	5.5
	P4	0.8	4.0

Fonte: Autora, 2012

A figura 72 mostra as variações médias por trecho com e sem mata ciliar. O trecho sem mata ciliar apresentou valores de temperatura menores que o trecho com mata ciliar em 61,54% das medições. Como pode ser observado, o trecho com mata ciliar apresentou valores de temperatura mais regulares, contrastando com picos de temperatura no trecho sem mata ciliar. Em picos de temperaturas mais baixas (em 8/08 e 14/09) e picos de temperatura mais alta (em 10/11 e 23/11), os dados medidos corroboraram o mencionado por Dudley e Stolton (2003) sobre o papel da floresta como reguladora da temperatura. Corroboraram também Swift e Messer (1971) e Sugimoto et al. (1997), citados por Donadio et al., que falam sobre a prevenção do aumento da temperatura da água através da manutenção da

vegetação ciliar. Como foi analisado anteriormente, P1 foi o ponto que mais contribuiu com picos de temperatura.

Figura 72 – Temperatura média diária dos pontos sem mata ciliar (P1 e P2) e com mata ciliar (P3 e P4) ao longo de todo o período de análise



A menor amplitude de dados de temperatura nos pontos com presença de mata ciliar assim como as temperaturas mais elevadas neste trecho são indicativos de que a mata ciliar está funcionando como um efeito estufa natural, bloqueando os raios solares nos períodos de maior incidência e reduzindo as perdas de calor nos períodos noturnos. A floresta absorve luz, radiação e calor durante o dia e, através do efeito estufa natural, mantém a sua temperatura mais ou menos constante. Durante o dia, o sombreamento não permite um superaquecimento da floresta. Vale ressaltar a importância dessa redução de amplitudes de temperatura, especialmente para os organismos peclotermos (como os peixes), já que estes são extremamente suscetíveis às mudanças bruscas de temperatura.

TURBIDEZ (UNT)

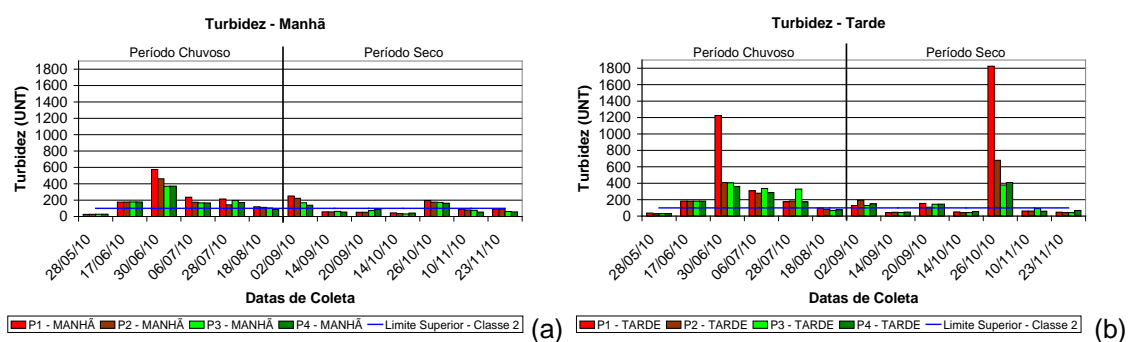
Os valores de turbidez encontrados variaram de 31 a 1825 UNT no período seco, e de 26 a 1225 UNT no período chuvoso, com uma média geral de 175 UNT.

Em todo o período analisado, 53% dos valores de turbidez ultrapassaram o limite de 100 UNT, estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para rios classe 2. Do total de amostras que ultrapassaram os limites para turbidez, 64% foram coletadas no período chuvoso. Deste total, 53% ocorreram no período da tarde.

Todos os pontos contribuíram igualmente com os valores que ultrapassaram os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005. Não estão em conformidade para águas de classe 2, nem tampouco de classe 3 (limite também de 100 UNT). Portanto, de acordo com esse parâmetro, todos os trechos estariam inseridos na classe 4.

Conforme verificado na figura 73, os maiores picos de turbidez foram observados em P1, especialmente nas coletas de 30/06 e 26/10 à tarde. De acordo com o diário de campo, ambos foram dias com manhã seca seguida de chuva leve antes da segunda coleta da tarde.

Figura 73 – Turbidez (a) manhã e (b) tarde



Fonte: Autora, 2012

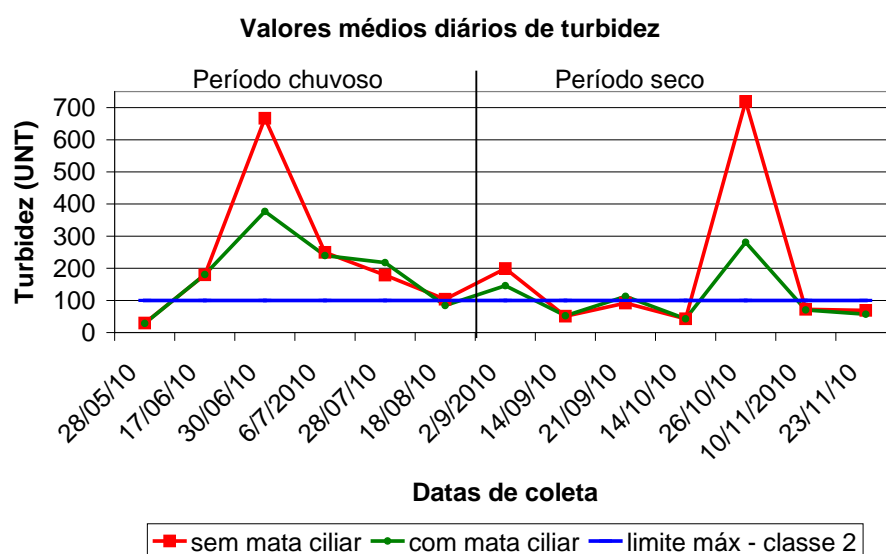
Em 30/06, no período da tarde, somente P1 e P2 apresentaram discrepâncias, de 1225 e 461 UNT, respectivamente. Mas em 26/10, também no período da tarde, todos os pontos apresentaram discrepâncias: 1825 UNT, 680 UNT, 379 UNT e 409 UNT para P1, P2, P3 e P4, respectivamente.

Em 26/10, a elevação da turbidez em mais de 9 vezes em P1 em curto espaço de tempo (do período da manhã para o da tarde) – bem mais que a elevação em P2, de pouco mais de 3 vezes, e P3 e P4 (menos de 2,5 vezes) – leva a crer que a ausência de mata ciliar não é o principal fator de contribuição para a turbidez no rio em P1. A ausência de florestas em topos de morro e encostas, levando à ocorrência de erosão, é outro fator importante que deve ser considerado. O P1 está mais próximo de áreas assim descritas: estas, provavelmente, estão contribuindo para que a turbidez seja mais elevada em relação aos demais pontos na ocorrência de chuva, devido ao carreamento de solos em direção ao rio. Os efluentes difusos também podem ter contribuído.

Já em 30/06, a água drenada da bacia do Tabuleiro pode ter contribuído para a elevação dos valores de turbidez, já que houve pequena precipitação nesta bacia (de 1,4 mm).

Em uma análise geral, observou-se que a turbidez apresentou picos mais acentuados no trecho sem mata ciliar (30/06 e 26/10); embora o trecho com mata ciliar também tenha apresentado picos nestas datas, estes foram bem menos acentuados, com dados mais regulares, como pode ser observado na figura 74.

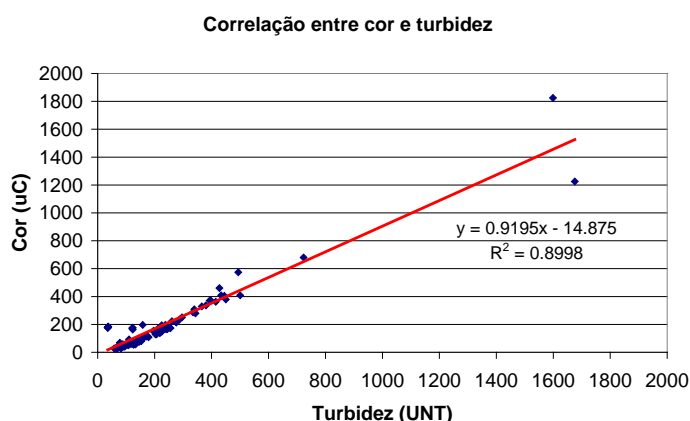
Figura 74 – Valores médios diários de turbidez em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise



Fonte: Autora, 2012

Como pode ser observado na figura 75, as variações de turbidez tiveram alta correlação com a cor aparente, cuja variação será descrita a seguir, com coeficiente de correlação R^2 de 0,8998. Assim, os solos carregados para o curso d'água e todos os possíveis fatores de influência da turbidez são também fatores de influência no parâmetro cor aparente.

Figura 75 – Correlação entre cor e turbidez para todo o período analisado



COR APARENTE (UC)

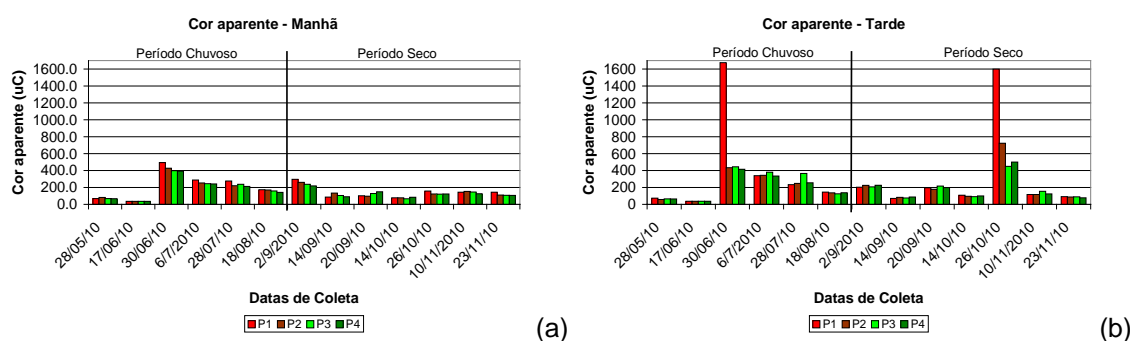
A Resolução CONAMA 357/2005 define limites para a cor verdadeira, mas não define para a cor aparente, que tem a interferência da turbidez em seus resultados.

A cor aparente medida teve uma variação de 67 uC a 1599 uC, no período seco, e de 35 a 1676 uC, no período chuvoso. A média geral foi de 233 uC, sendo que as discrepâncias, observados nas Tabelas 17 e 18, contribuíram para a elevação dessa média.

No período chuvoso, os dados de cor aparente apresentaram maior dispersão em torno da mediana assim como a amplitude. Esta amplitude pode ser observada nos *boxplots* da figura 69, observando-se a distância entre os valores máximos e mínimos.

Os menores valores de cor medidos ocorreram no dia 17/06 (figura 76), provavelmente pelo efeito de diluição da chuva antecedente e no dia da coleta. Este foi o dia que apresentou chuva antecedente (18,7 e 17,6 mm nos postos Jacarecica e Tabuleiro, respectivamente) e diária (22 e 28 mm nos postos Jacarecica e Tabuleiro, respectivamente) alta em ambos os postos, considerando a chuva precipitada no período. Foi também o dia em que, por critério visual, certamente observou-se a maior vazão, não sendo possível nem mesmo entrar no rio para realizar a medição, devido à correnteza e à profundidade do rio.

Figura 76 – Cor aparente (a) manhã e (b) tarde em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise



Fonte: Autora, 2012

A exemplo do ocorrido no dia 17/06, em 28/05 foi observado um baixo valor de cor aparente, que também pode ter sido resultado do efeito de diluição. Embora os dados de precipitação tenham sido nulos no dia 28/05 – com exceção da chuva antecedente no Posto Tabuleiro (0,2 mm) –, em ambos os postos analisados o diário de campo mostrou que houve chuva intensa de manhã e de tarde no dia da coleta. Provavelmente uma precipitação convectiva ou orográfica – localizada nas proximidades do ponto de coleta e não medidos nos postos analisados – pode explicar esse fato.

Os maiores valores de cor ocorreram em dias sem chuva medidos no Posto Jacarecica, em 30/06 e 26/10. Observou-se nestas datas que um período seco seguido de chuva leve foi suficiente para elevar os valores de cor em P1 de 3,4 vezes (de 494 para 1676 uC em 30/06) e 10 vezes (158 para 1599 uC em 26/10), diferenças que podem ser observadas na figura 76.

No dia 30/06, somente P1 teve alteração expressiva do período da manhã para a tarde. Os demais pontos tiveram um aumento máximo de 47 uC. Já no dia 26/10, os demais pontos também tiveram elevações expressivas: P2 teve sua cor aumentada em 6 vezes (123 para 723 uC) e P3 e P4 tiveram elevação de 4 vezes (121 para 450 uC e 123 para 501 uC, respectivamente).

A figura 77 mostra a diferença de cor da água em P1, no período da tarde do dia 26/10, notadamente mais escura que no período da manhã, quando todos os pontos apresentaram valores discrepantes, com expressiva elevação após um período seco seguido de chuva.

Figura 77 - Variação da cor da água em amostras coletadas antes e depois da chuva para o mesmo dia (26/10/10)

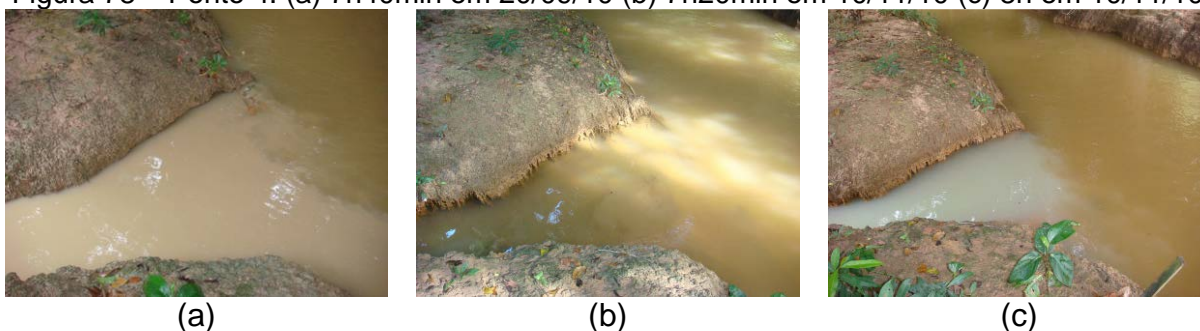


Fonte: Autora, 2012

Por estar localizado em área com presença de mata ciliar, era esperado que P4 não tivesse grande interferência relativa (comparando com P1 e P2), em sua qualidade de água, em decorrência do escoamento superficial. Porém, o mesmo não pode ser dito com relação ao lançamento direto de efluentes.

No dia 20/09 foi verificado, em P4, interferência do que parece ser água com solos carregados, deixando-a com aspecto embarreado, o que pode ter interferido nos resultados obtidos neste e em outros dias (figura 78-a). A figura 78-b mostra a água com um aspecto de cor, às 7h e 20min do dia 10/11, que foi visivelmente alterada com lançamento de efluente, 40 minutos após a obtenção da primeira imagem (figura 78-c).

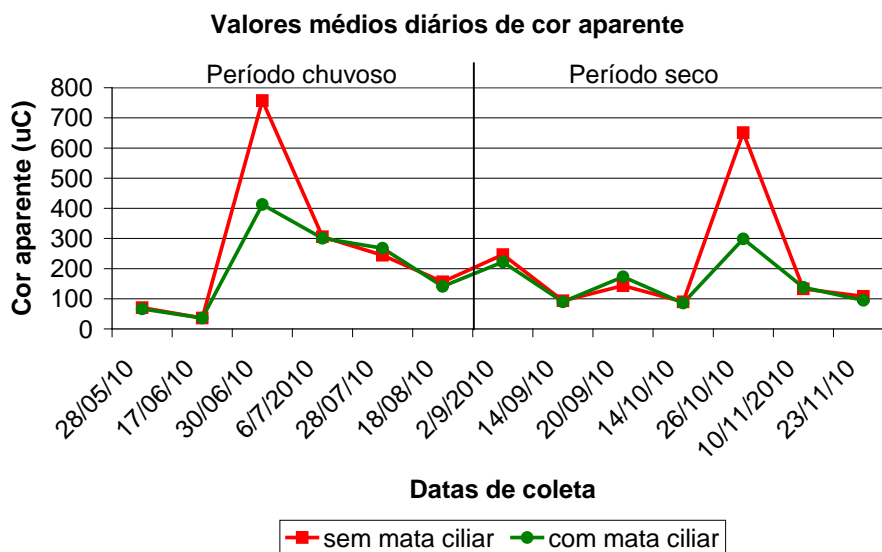
Figura 78 – Ponto 4: (a) 7h40min em 20/09/10 (b) 7h20min em 10/11/10 (c) 8h em 10/11/10



Fonte: Autora, 2012

Mesmo com estes interferentes, em uma análise geral o trecho com mata ciliar apresentou dados mais regulares. Ambos os trechos apresentaram picos, como esperado pela contribuição da turbidez, nos dias 30/06 e 26/10, e o trecho com mata ciliar apresentou alteração mais discreta, como pode ser observado na figura 79.

Figura 79 – Valores médios diários de cor aparente em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise



Fonte: Autora, 2012

A decomposição de matéria orgânica, especialmente vegetal, é uma das fontes naturais de cor na água (VON SPERLING, 2005). Assim, ao contribuir com a elevação de matéria orgânica, a mata ciliar contribui com aumento de cor. Porém, foi observado que os maiores valores de cor ocorreram nas amostras sob influência de solo sem mata ciliar, conforme apresentado na figura 79. As maiores contribuições dos valores de cor em trecho sem mata ciliar foram principalmente de P1, com aumento expressivo em 30/06 e 26/10 à tarde, e P2 em 26/10 à tarde, o que leva a crer que os valores elevados de cor aparente nestes pontos tiveram origem antropogênica, provavelmente através de lançamento de esgotos nas redes de drenagem. Podem também indicar o reflexo da vulnerabilidade destes pontos ao aporte de substâncias carregadas junto com a chuva, pela ausência de matas ciliares, assim como pela maior antropização das áreas a montante desse ponto, com retirada de matas em APPs de topo de morro e encostas.

No dia 30/06, o trecho sem mata ciliar teve uma alteração média de 299 UNT e 594 uC do período da manhã (seca) para o período da tarde (após a chuva), enquanto que o trecho com mata ciliar teve alteração média de 13 UNT e 34 uC no mesmo período. No dia 26/10, essa alteração foi de 1066 UNT 1021 uC no trecho sem mata ciliar e de 226 UNT e 353 uC no trecho com mata ciliar. Dessa forma, pode-se dizer que o papel da mata ciliar na retenção de sólidos ficou evidenciado nos dias de coleta com tempo seco matutino e chuvoso vespertino, através do

aumento repentino de cor e turbidez de um período a outro, das referidas datas de coleta.

SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (ML/L)

Os valores de sólidos sedimentáveis obtidos variaram de 0,30 a 8,00 mL/L, no período seco e de 0,20 a 10,90 mL/L no período chuvoso, com uma média geral de 1,10 mL/L.

Todos os pontos, P1, P2, P3 e P4 apresentaram discrepâncias maiores no dia 26/10, no período da tarde (8,00 mL/L, 10,90 mL/L, 2,10 mL/L e 3,50 mL/L, respectivamente). No dia 20/09 P3, houve discrepância.

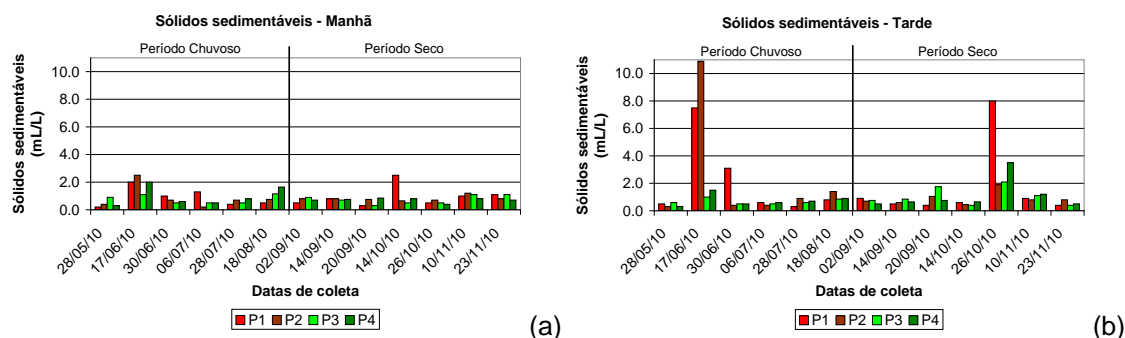
Semelhantemente à cor aparente e à turbidez, aumentaram de forma expressiva os sólidos sedimentáveis sobretudo em P1, do período da manhã para o período da tarde, nos dias 30/06 e 26/10, valores 3,1 e 16 vezes maiores de um período a outro, como pode ser observado na figura 80.

Porém, no dia 17/06 – data em que se obteve a maior média precipitada, tanto antecedente quanto na data de coleta –, contribuições de sólidos sedimentáveis foram ainda mais expressivas. Os valores do período da manhã foram superiores aos valores médios para o período chuvoso (de 0,88 mL/L). P1, P2, P3 e P4 apresentaram dados, respectivamente 2,3 – 2,8 – 1,4 e 2,3 vezes maiores que a média de 0,90 mL/L no período chuvoso matutino. No período da tarde os valores para o parâmetro aumentaram em 3,75 e 4,36 vezes em P1 e P2, respectivamente. Já em P3 e P4, os valores não aumentaram e, ao contrário, reduziram em 2 e 1,3 vezes, respectivamente.

Pelos dados observados nos Postos do Tabuleiro e Jacarecica, com precipitação relativamente alta, e pelas observações de campo, pode-se inferir que a precipitação deste dia (17/06) teve maior influência que as precipitações ocorrentes nas demais datas de coleta. A chuva antecedente muito provavelmente contribuiu para fazer desagregarem as partículas de solo, e a sua continuidade no dia da coleta deve ter contribuído para um maior carreamento de solo, após essa desagregação.

Pela observação de campo, pode-se afirmar que esta chuva ocorreu em todos os pontos. Tal observação permite inferir que a mata ciliar teve papel importante no impedimento do impacto direto da gota de chuva no solo nas áreas ripárias, mas, especialmente, na retenção de sedimentos.

Figura 80 – Sólidos sedimentáveis (a) manhã e (b) tarde

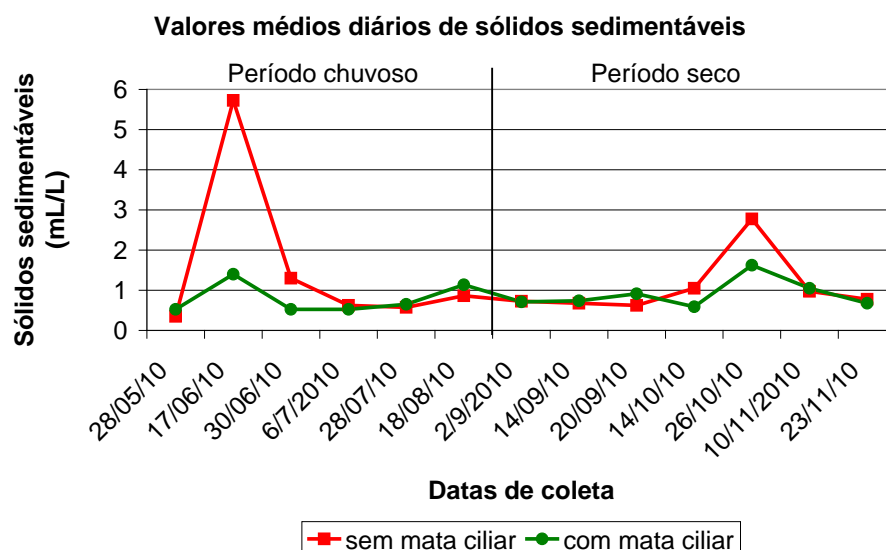


Fonte: Autora, 2012

Em geral, o trecho com mata ciliar apresentou dados mais uniformes. Ambos os trechos apresentaram picos nos dias 17/06 e 26/10, porém o trecho sem mata ciliar foi mais sensível, apresentando picos bem mais elevados. P2 foi o ponto do trecho sem mata ciliar que mais contribuiu para a elevação destes picos, embora P1 também tenha aumentado consideravelmente, conforme apresentado em análise anterior.

Os valores de sólidos sedimentáveis nos dias 17/06 e 30/06 foram, respectivamente, 4,1 e 1,7 vezes mais elevados no trecho sem mata ciliar que no trecho com mata ciliar, conforme pode ser visualizado na figura 81. Nos dias 14/10 e 26/10, os valores no trecho sem mata foram de 1,8 e 1,7 vez mais altos.

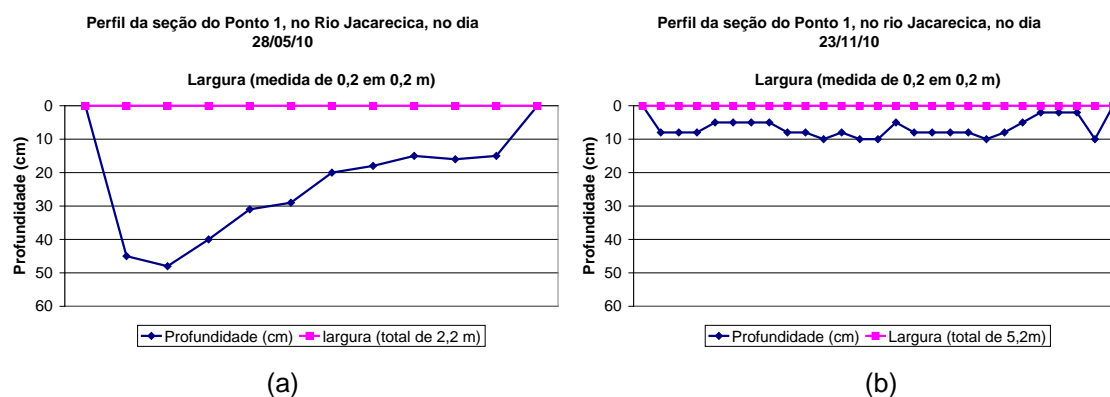
Figura 81 – Valores médios diários de sólidos sedimentáveis em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise



Fonte: Autora, 2012

De acordo com a CONAMA 357/2005, as águas de classes 1, 2 e 3 devem apresentar sólidos objetáveis virtualmente ausentes. Dessa forma, todos os pontos estariam inseridos na classe 4, já que apresentaram em mais de uma ocasião

Figura 83 – Perfil do rio Jacarecica em P1 no início e (b) no final do período de coletas



Fonte: Autora, 2012

Essas observações estão relacionadas com os valores encontrados por Peterjohn e Correl (1984), que relataram uma redução de sedimentos em 90% em área ciliar florestada, em relação à área ciliar desmatada.

O aumento da superfície de contato com o ar em P1, representado na figura 83, pela batimetria no início e final do período de coletas, é um dos fatores de alteração da concentração de oxigênio dissolvido da água. Com o aumento da área de contato com o ar, há a tendência à oxigenação da água, elevando os teores de OD, como será discutido mais adiante.

SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS – STD (MG/L)

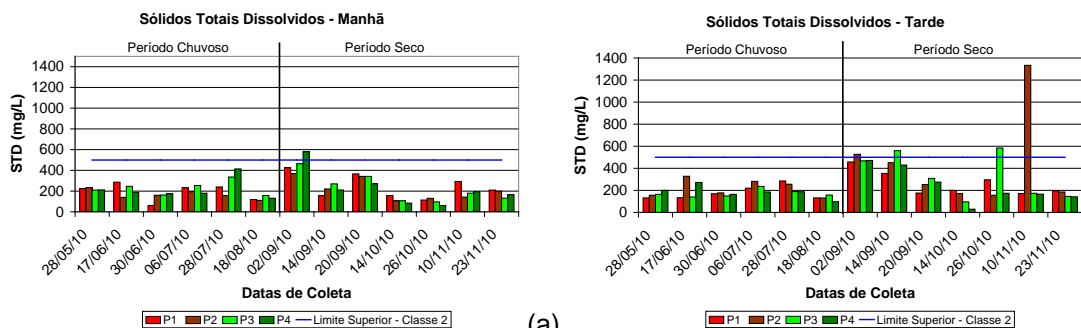
Os valores de STD variaram de 30 a 1334 mg/L, com uma média de 238 mg/L. A maior parte dos valores obtidos para STD esteve dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para rios classe 2, de 500 mg/L – o mesmo limite para águas de classe 1 e 3. Dos 104 valores de STD obtidos, somente 5 ultrapassaram esse limite, sendo que somente 1 destes valores ocorreu no período da manhã. Destaca-se, ainda, que todos os valores que ultrapassaram o limite ocorreram em período seco. Estranhamente, P1 foi o único ponto que não apresentou, em nenhuma das amostras coletadas, valores superiores ao limitado por essa Resolução. De acordo com tal parâmetro, somente P1 poderia estar inserido em classes superiores à classe 4. Porém, como observado na análise dos outros parâmetros, de acordo com STD, P1 no máximo estaria inserido em classe 3.

O maior valor medido ocorreu em P2 (1334 mg/L), seguido de P3 (584 mg/L), no período seco (figura 84). O primeiro foi observado no dia 10/11 e o segundo no dia 26/10. Em 10/11 foi registrada a menor vazão medida, ficando em segundo lugar o dia 26/10. Embora tenha havido registro de precipitação antecedente para ambas

as datas em ambos os postos analisados e na data da coleta no dia 10/11, o diário de campo registrou dia quente e seco na bacia. Era de se esperar aumento dos valores de STD em todos os pontos, porém o aumento localizado leva a crer que pode ter havido lançamento de efluente nas proximidades destes pontos na ocasião da medição. A não ocorrência de chuva neste período pode ter sido a razão pela qual esses valores ficaram tão evidentes, sem o efeito da diluição.

No dia 02/09 houve elevação dos valores de STD em todos os pontos, em ambos os períodos (manhã e tarde), assim como em 14/09. Os dados de precipitação nessas datas mostram que houve chuva antecedente e diária no Posto Tabuleiro, assim como nos locais de coleta, comprovado pelo diário de campo. A precipitação local e na bacia do Tabuleiro nessas datas provavelmente contribuiu para a elevação dos valores, através do carreamento de esgoto das redes de drenagem. Era esperado que as amostras do dia 17/06 apresentassem concentrações semelhantes. Porém, a alta precipitação na data de coleta pode ter levado a um efeito de diluição, reduzindo os valores para o parâmetro.

Figura 84 – Sólidos totais dissolvidos (a) manhã e (b) tarde.



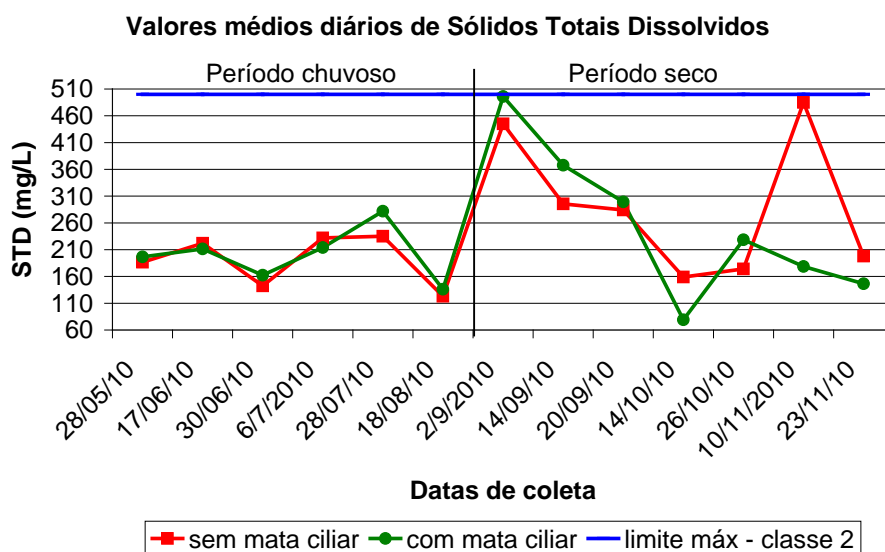
(a)
Autora, 2012

(b)Fonte:

Como pode ser observado na figura 85, ambos os trechos (com e sem mata ciliar) apresentaram variações de STD semelhantes. O trecho sem mata ciliar apresentou dados de STD menores em 62% dos dados analisados. Porém, no dia 10/11, houve um pico claramente diferenciado, com contribuição de P2, que pode ter sido efeito de algum efluente difuso nas proximidades do ponto em questão.

Os valores de STD foram maiores no trecho com mata ciliar nos dias 17/06, 06/07, 14/10, 10/11 e 23/11, conforme apresentado na figura 85.

Figura 85 – Valores médios diários de Sólidos Dissolvidos Totais (STD) em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise



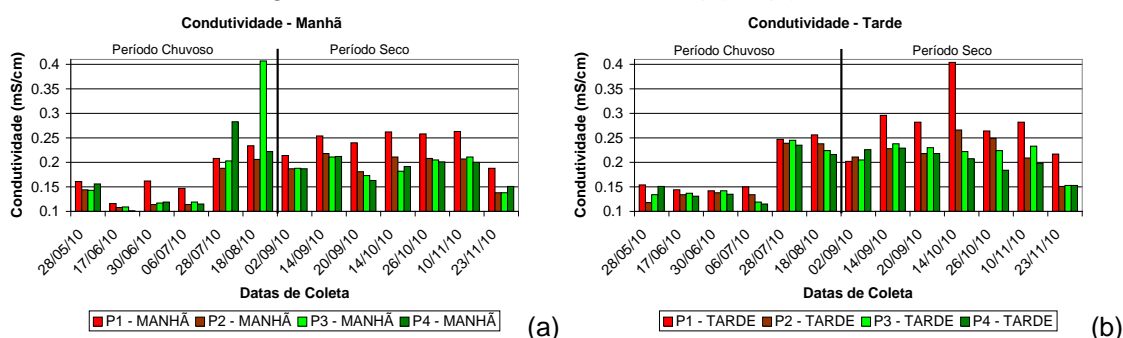
Fonte: Autora, 2012

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (MS/CM)

Os valores medidos de condutividade variaram de 0,101 a 0,407 mS/cm, com uma média de 0,193 mS/cm. O menor valor foi observado em P2 e o maior foi observado em P4. Conforme indica a literatura, valores acima de 100 mS/cm são característicos de ambientes impactados (CETESB, 2012).

Como pode ser observado na figura 86, P1 apresentou valores de condutividade mais altos em relação aos demais pontos em 85% do total de análises e em 93% das amostras analisadas em período seco.

Figura 86 – Condutividade manhã (a) e (b) tarde



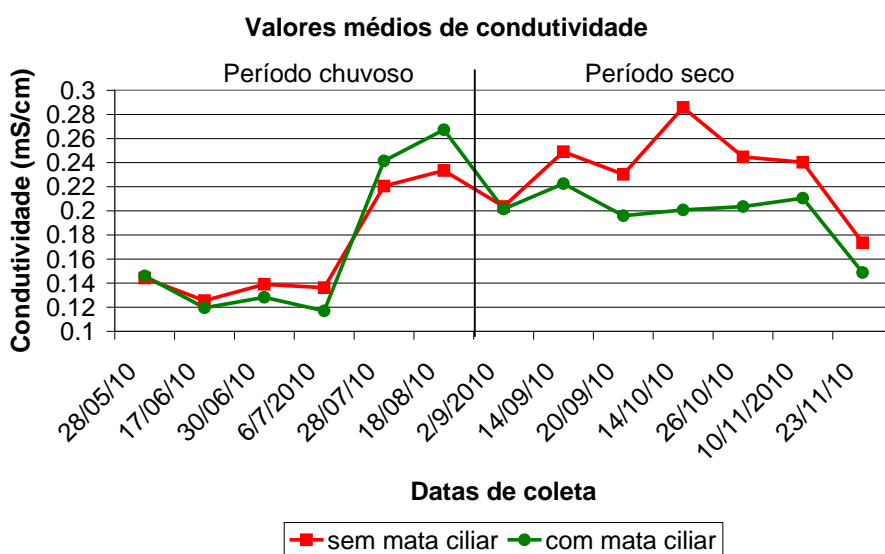
Fonte: Autora, 2012

Conforme a figura 87, o trecho sem mata ciliar apresentou valores mais altos de condutividade, especialmente no período seco, em relação ao trecho com mata ciliar, ao longo de praticamente todo o período de amostragem. No dia 14/10, dia com ausência de precipitação em ambos os postos analisados e descrito no diário

de campo como dia quente e seco, esse aumento foi mais expressivo, com maior contribuição de P1.

Nos dias 28/07 e 18/08, com picos altos de condutividade em P4 e P3, respectivamente, de 0,283 e 0,407 mS/cm, a medição leva a crer que pode ter havido algum lançamento de efluente neste ponto que tenha contribuído para que houvesse a elevação dos valores de condutividade.

Figura 87 – Valores médios diários de condutividade em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise



Fonte: Autora, 2012

Os valores médios de condutividade no período de 28/05 a 06/07 podem indicar uma elevação da produtividade primária em ambos os trechos. A elevação destes valores, a partir de então até 10/11, pode indicar uma elevação no grau de decomposição de matéria orgânica na água, reduzindo-se novamente em 23/11.

Considerando as médias dos valores de condutividade analisadas, pode-se inferir que o trecho sem mata ciliar apresentou, na maior parte do tempo analisado, grau de decomposição mais elevado em relação ao trecho com mata ciliar, especialmente no período de 14/09 a 23/11. Este maior grau de decomposição pode acontecer devido ao maior aporte de nutrientes no trecho, pela ausência de mata ciliar, tal como citado por Ballester *et. al* (2003), que observaram elevação da condutividade da água do rio Ji-paraná, em área de floresta substituída por pastagem, devido à elevação das concentrações de fosfato, sódio, cloretos e potássio.

5.3.2 Parâmetros químicos

Os parâmetros químicos avaliados foram pH, N-amoniaco, nitrito, nitrato, fósforo total, OD, DBO e ferro. Esses dados foram agrupados da mesma forma que os parâmetros físicos, e trabalhados estatisticamente. Os resultados estão apresentados nas tabelas 22 e 23. e ilustrados na figura 88.

Tabela 22 – Valores obtidos para os parâmetros químicos em período seco.

PARÂMETRO	PONTO	mínimo	Q1	mediana	Q3	máximo	Discrepância
pH Sem mata ciliar	P1	7,14	7,18	7,29	7,75	8,08	-
	P2	6,63	6,88	7,09	7,48	7,92	-
pH Com mata ciliar	P3	6,70	6,95	7,01	7,60	7,99	-
	P4	6,65	6,84	7,19	7,65	8,43	-
N-amoniaco (mg/L) Sem mata ciliar	P1	0,35	1,40	2,80	4,20	5,60	-
	P2	0,53	1,40	2,80	4,20	4,90	9,98
N-amoniaco (mg/L) Com mata ciliar	P3	0,53	1,05	1,40	2,80	4,90	-
	P4	0,35	0,88	2,80	2,80	3,50	-
Nitrito (mg/L) Sem mata ciliar	P1	0,007	0,057	0,078	0,107	0,171	0,746
	P2	0,022	0,077	0,119	0,148	0,221	-
Nitrito (mg/L) Com mata ciliar	P3	0,018	0,068	0,118	0,155	0,221	-
	P4	0,016	0,069	0,116	0,153	0,206	-
Nitrato (mg/L) Sem mata ciliar	P1	0,131	1,217	1,909	2,431	3,342	-
	P2	1,559	1,632	2,037	2,274	3,050	0,079-0,320
Nitrato (mg/L) Com mata ciliar	P3	0,237	1,514	1,949	2,371	3,086	-
	P4	0,311	1,675	2,115	2,666	3,098	0,079
Fósforo total (mg/L) Sem mata ciliar	P1	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	0,846 0,187
	P2	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	0,437
Fósforo total (mg/L) Com mata ciliar	P3	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	0,104
	P4	ND*	ND*	ND*	ND*	ND*	0,106
OD (mg/L) Sem mata ciliar	P1	3,1	3,9	4,6	5,1	6,6	-
	P2	2,8	3,5	3,9	4,3	4,9	-
OD (mg/L) Com mata ciliar	P3	2,8	3,2	3,7	4,2	5,2	-
	P4	2,7	3,6	4,1	4,5	5,2	-
DBO ₅ (mg/L) Sem mata ciliar	P1	8,4	8,4	8,8	9,1	10,1	5,6 - 6,6
	P2	3,9	6,4	8,8	9,2	9,8	-
DBO ₅ (mg/L) Com mata ciliar	P3		7,5	8,8	9,2	9,8	3,7
	P4	5,1	7,6	8,1	9,7	9,9	-
Ferro (mg/L) Sem mata ciliar	P1	ND*	0,200	0,900	1,300	1,900	-
	P2	ND*	0,200	0,800	1,900	2,200	-
Ferro (mg/L) Com mata ciliar	P3	ND*	0,200	1,100	1,700	2,400	-
	P4	ND*	0,600	0,800	1,100	1,500	2,500-2,400

* ND = Não detectáveis pelo método (concentração abaixo de 0,003 mg/L)

Fonte: Autora, 2012

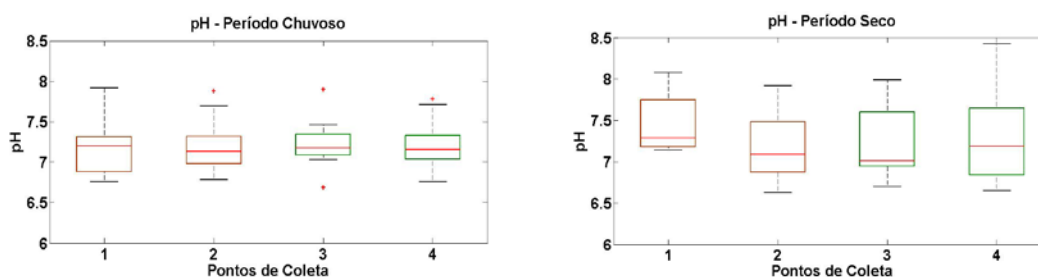
Tabela 23 – Valores obtidos para os parâmetros químicos em período chuvoso.

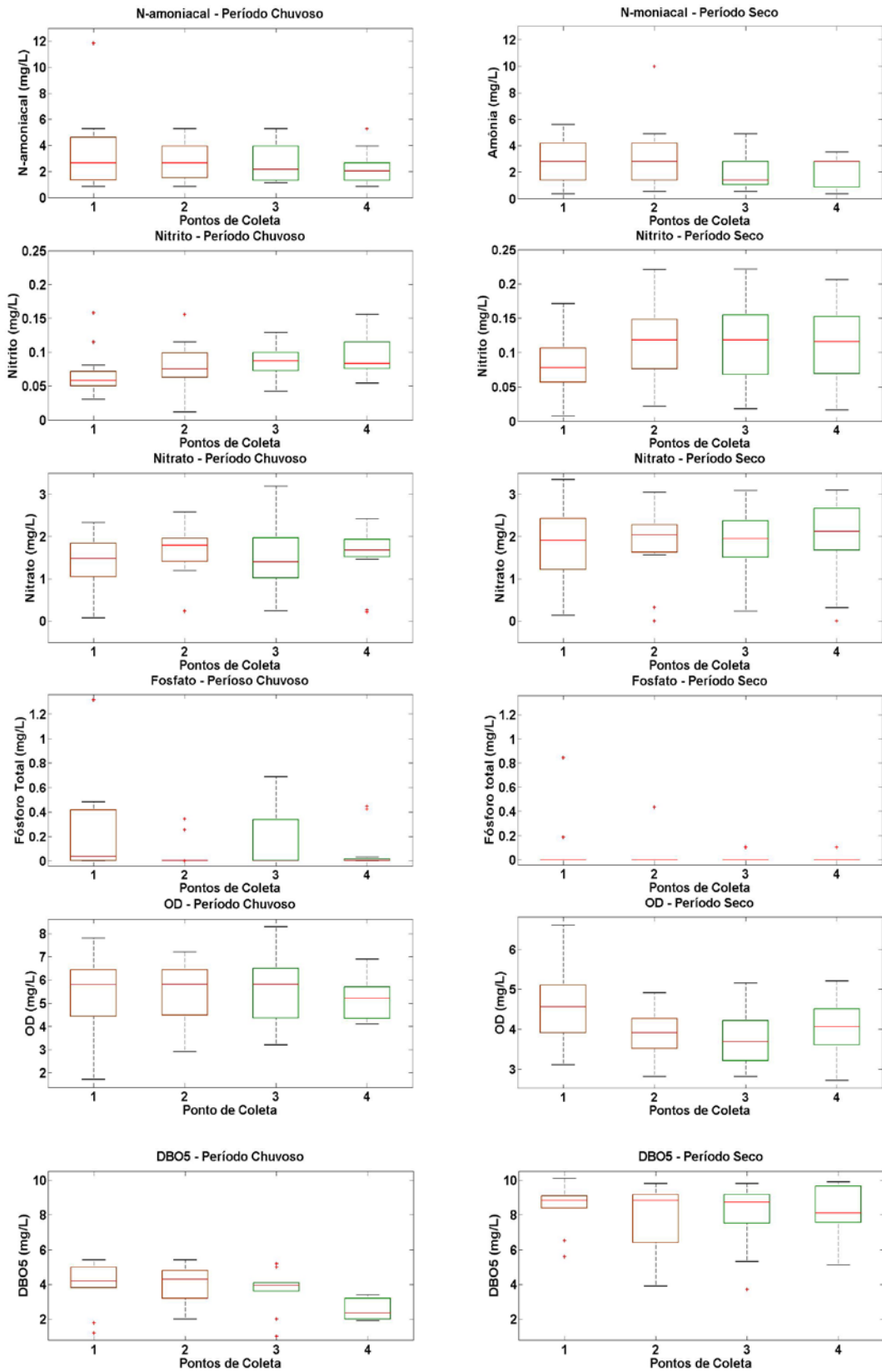
PARÂMETRO	PONTO	mínimo	Q1	mediana	Q3	máximo	Discrepância
pH Sem mata ciliar	P1	6,76	6,88	7,2	7,31	7,92	-
	P2	6,78	6,98	7,13	7,32	7,69	7,88
pH Com mata ciliar	P3	6,76	7,09	7,18	7,34	7,46	6,69 7,9
	P4	6,76	7,04	7,16	7,33	7,71	7,78
N-amoniacoal (mg/L) Sem mata ciliar	P1	0,84	1,40	2,63	4,61	5,26	11,84
	P2	0,84	1,50	2,63	3,95	5,26	-
N-amoniacoal (mg/L) Com mata ciliar	P3	1,12	1,32	2,16	3,95	5,26	-
	P4	0,84	1,32	2,02	2,63	3,95	5,26
Nitrito (mg/L) Sem mata ciliar	P1	0,030	0,050	0,059	0,071	0,081	0,158 0,115
	P2	0,011	0,063	0,075	0,099	0,115	0,156
Nitrito (mg/L) Com mata ciliar	P3	0,042	0,073	0,087	0,100	0,129	-
	P4	0,054	0,076	0,084	0,115	0,156	-
Nitrato (mg/L) Sem mata ciliar	P1	0,069	1,050	1,482	1,842	2,330	-
	P2	1,191	1,411	1,7923	1,958	2,573	0,235 0,241
Nitrato (mg/L) Com mata ciliar	P3	0,239	1,019	1,399	1,969	3,189	-
	P4	1,458	1,5245	1,681	1,930	2,415	0,218 0,263
Fósforo total (mg/L) Sem mata ciliar	P1	ND*	ND*	0,038	0,419	0,485	1,317
	P2	ND*	ND*	ND*	ND*	0,255	ND* 0,345
Fósforo total (mg/L) Com mata ciliar	P3	ND*	ND*	ND*	0,337	0,687	-
	P4	ND*	ND*	ND*	0,019	0,423	0,447
OD (mg/L) Sem mata ciliar	P1	1,7	4,4	ND*	6,5	7,8	-
	P2	2,9	4,9	5,8	6,5	7,2	-
OD (mg/L) Com mata ciliar	P3	3,2	4,4	5,8	6,5	8,3	-
	P4	4,1	4,3	5,2	5,7	6,9	-
DBO ₅ (mg/L) Sem mata ciliar	P1	1,8	3,8	4,2	5,0	5,4	1,2
	P2	2,0	3,2	4,3	4,8	5,4	1,0-2,0 5,0-4,1
DBO ₅ (mg/L) Com mata ciliar	P3	3,6	3,6	4,0	4,1	4,1	-
	P4	1,9	2,0	2,4	3,2	3,4	-
Ferro (mg/L) Sem mata ciliar	P1	ND*	ND*	0,653	1,497	2,955	-
	P2	ND*	ND*	1,245	1,769	2,601	-
Ferro (mg/L) Com mata ciliar	P3	ND*	ND*	0,962	1,370	2,520	-
	P4	ND*	ND*	1,021	1,475	2,500	-

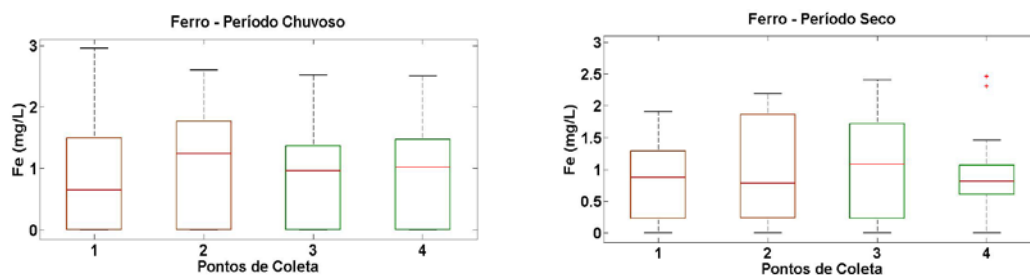
* ND = Não detectáveis pelo método (concentração abaixo de 0,003 mg/L)

Fonte: Autora, 2012

Figura 88 – Diagrama dos 5 números para os parâmetros químicos







Fonte: Autora, 2012

POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH)

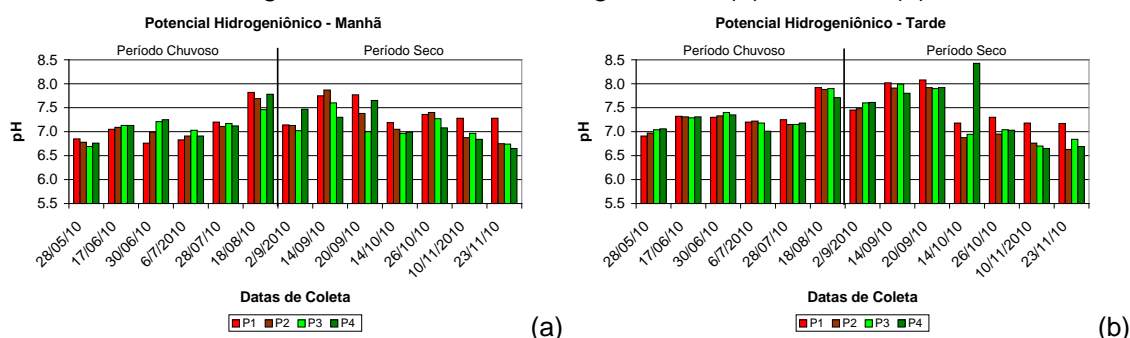
O pH variou de 6,67 a 7,90, no período chuvoso, e de 6,63 a 8,43, no período seco. A maior parte dos valores ficou concentrada entre 7,01 e 7,29, de acordo com as medianas.

Os maiores valores para pH foram observados no período seco, em todos os pontos. Com exceção de P1, os menores valores também foram observados no período seco.

Os maiores valores de pH observados no período seco podem indicar maior atividade fotossintética na massa líquida, já que neste período aumenta o número de horas de insolação diária. Considerando que o processo de fotossíntese consome gás carbônico, é de se esperar elevação do pH. Entretanto, a elevação de OD não ocorreu, conforme poderá ser observado adiante, em função da menor solubilidade desse gás com a elevação da temperatura.

Como pode ser observado na figura 89, todos os valores medidos para pH estavam entre 6,50 e 8,50, dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, entre 6 e 9 tanto para classe 2 quanto para classe 1.

Figura 89 – Potencial Hidrogeniônico (a) manhã e (b) tarde.

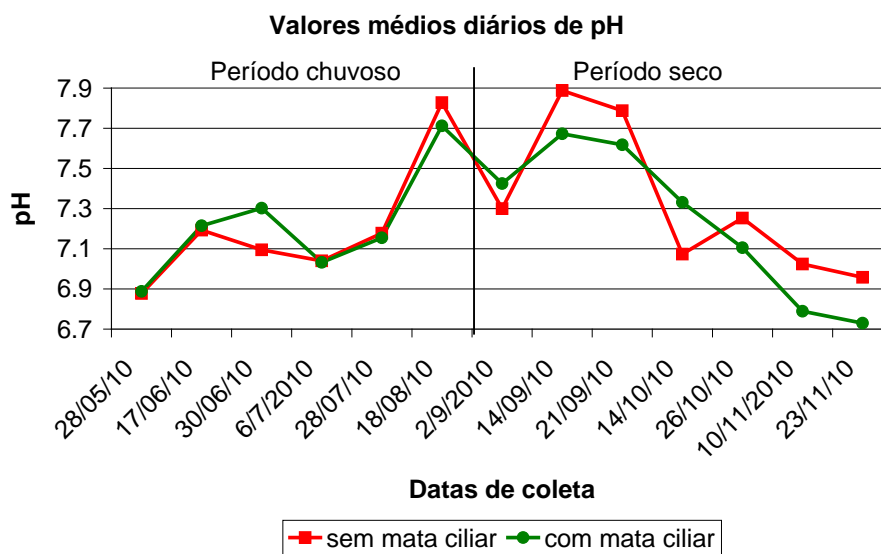


Fonte: Autora, 2012

Era esperado que o pH fosse mais alto no período da tarde, em função do consumo de CO_2 pelo processo de fotossíntese. De acordo com os dados obtidos, este comportamento se confirmou em 87,5% das amostras coletadas.

No geral, conforme a figura 90, o solo sem mata ciliar apresentou valores de pH mais altos em 62% das análises. A maior diferença entre o trecho com e sem mata ciliar ocorreu em 14/10 (0,30 superior em trecho com mata), seguido pelo dia 14/09 (0,20 superior em trecho sem mata). Nas demais datas, as diferenças foram inferiores a 0,10.

Figura 90 – Valores médios diários de pH em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise



Fonte: Autora, 2012

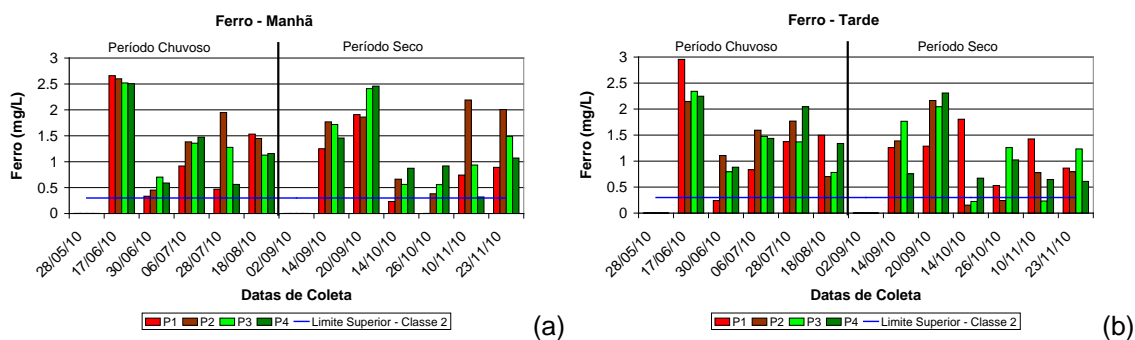
FERRO (MG/L)

Embora 17% das amostras tenham apresentado valores de ferro não detectáveis pelo método (concentrações abaixo de 0,003 mg/L), em todo o período de coleta, 78% das amostras analisadas apresentaram concentrações de ferro superiores ao limite permitido pela CONAMA 357/2005 para rios de classe 2, de 0,300 mg/L. A contribuição dos pontos P1, P2, P3 e P4 para as concentrações que superaram este limite foi de 23%, 25%, 25% e 27%, respectivamente. Nenhuma das amostras ultrapassou o limite de 5 mg/L, determinado para classe 3.

Nos dias 28/05 e 02/09, o resultado das análises em todas as amostras, de todos os pontos, foi abaixo do nível de detecção do método.

As concentrações mais elevadas de ferro ocorreram em 17/06, provavelmente devido ao maior carreamento de solo, relacionado com a maior intensidade de chuvas (figura 91).

Figura 91 - Ferro (a) manhã e (b) tarde

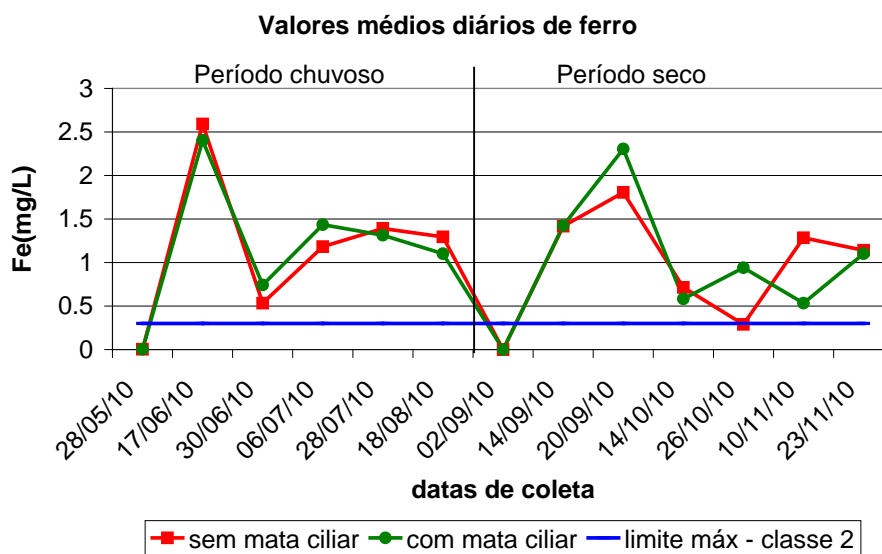


Fonte: Autora, 2012

De acordo com Piveli e Kato (2005), ocorre elevação das concentrações de ferro em área sem mata ciliar. Porém, os pontos com mata ciliar apresentaram concentrações de ferro superiores ao limite determinado pela Resolução CONAMA 357/2005, para rios classe 2, em 52% das amostras.

De forma geral as concentrações de ferro no trecho com e sem mata ciliar foram bem próximas, com exceção das amostras coletadas em 26/10 e 10/11, sendo estas as datas com menor vazão medida (figura 92).

Figura 92 – Valores médios diários de ferro em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise

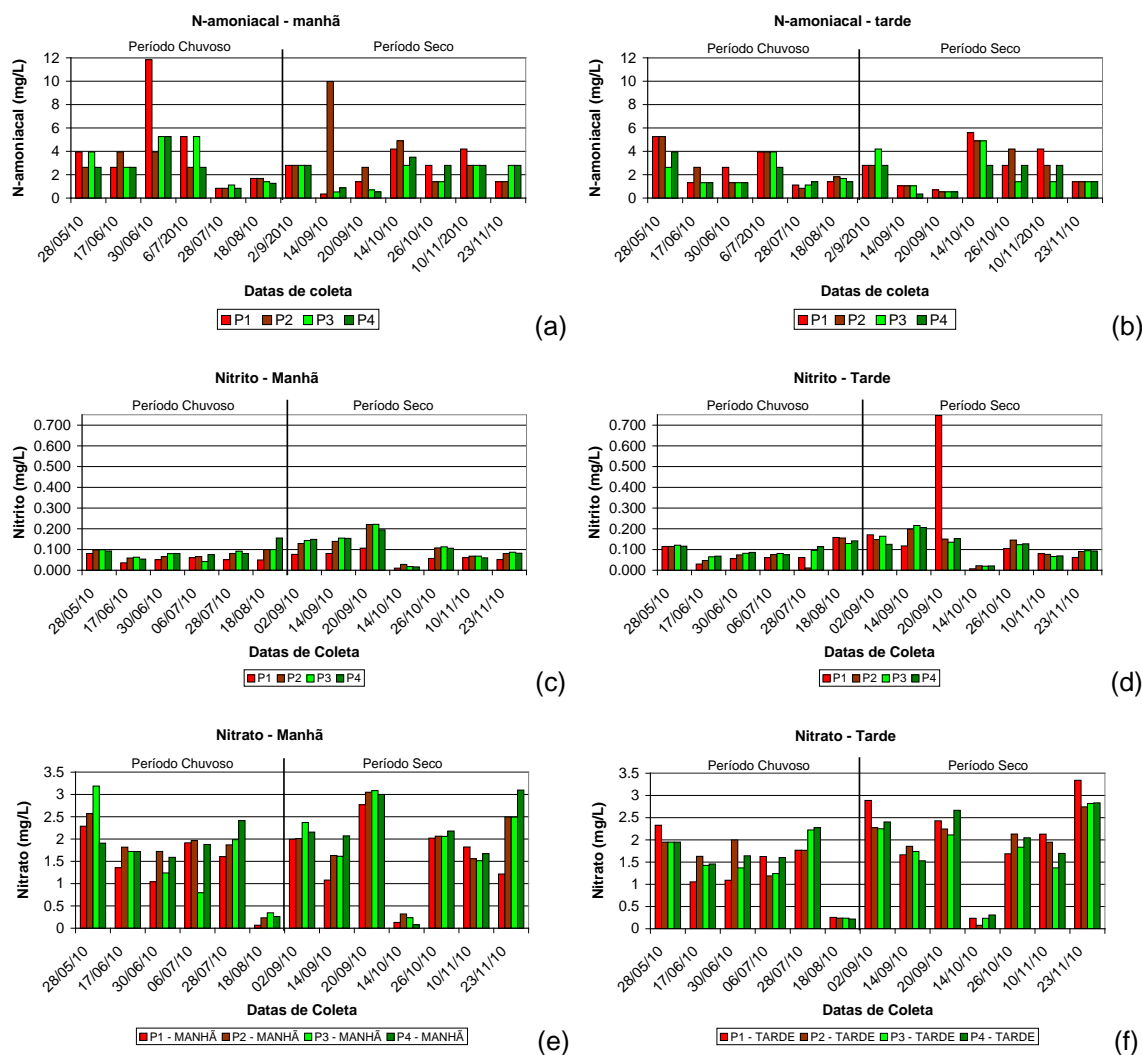


Fonte: Autora, 2012

NITROGÊNIO (MG/L) - AMONÍACAL (NH_4^+), NITRITO (NO_2^-) E NITRATO (NO_3^-)

Os gráficos da figura 93 ilustram a variação das concentrações de nitrogênio nas formas amoniacal (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) ao longo do período de estudo, tanto no período da manhã quanto no da tarde.

Figura 93 – Variação das concentrações de Nitrogênio (a) manhã e (b) tarde



Fonte: Autora, 2012

Os valores de N-amoniacoal variaram de 0,350 mg/L (P1 e P4) a 11,840 mg/L (P1) em todo o período analisado. P1 e P2 apresentaram as maiores amplitudes, 11,494 e 9,135 mg/L, respectivamente. As medianas mostraram que a maior parte dos valores medidos foram próximos em P1 e P2, tanto no período chuvoso (2,630 mg/L) quanto no seco (2,800 mg/L). Porém, no período seco, 36% dos valores de N-amoniacoal aumentaram de P3 para P4 (figura 93 a e b), enquanto que no período chuvoso estes valores foram reduzidos de P3 para P4 em 50% das coletas. De uma forma geral, considerando as médias das medianas, há uma tendência, pela mineralização, de diminuição das concentrações de N-amoniacoal de P1 a P4.

Somente atentando para o efeito da autodepuração do rio, sem ainda pensar no efeito da mata ciliar sobre este parâmetro, era esperado que houvesse redução na concentração de P1 a P4, considerando a oxidação de N-amoniacoal em nitrito e, posteriormente, em nitrato. O aumento dos valores, com picos isolados, pode indicar

lançamento recente de efluente nas proximidades do ponto em questão. O aumento de N-amoniacoal de P3 para P4 pode ser decorrente de um possível lançamento de efluente recente após P3, em direção a P4. Sabendo que a vinhaça é muito rica em amônia, existe a possibilidade de que esse efluente seja proveniente do lançamento de vinhaça, já que entre estes pontos há cultivo de cana-de-açúcar.

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece o limite na concentração de N-amoniacoal de acordo com a faixa de pH, como descrito na tabela 24. Somente P1 apresentou valores superiores ao limite estabelecido para classe 2 (de acordo com a faixa de pH).

Tabela 24 – Limites de N-amoniacoal estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 para rios classe 2, de acordo com a faixa de pH

Limites para N-amoniacoal – rios Classe 2
,7mg/L N, para $\text{pH} \leq 7,566$
2,0 mg/L N, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$
1,0 mg/L N, para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$
0,5 mg/L N, para $\text{pH} > 8,5$

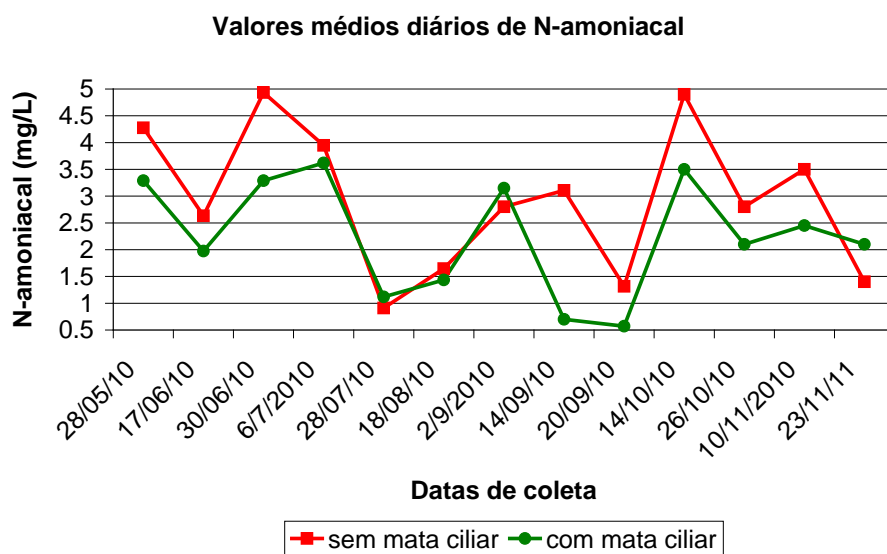
Fonte: Autora, 2012

Apenas 9,6% (10 dos 104 valores obtidos das análises) das amostras analisadas ultrapassaram os limites para rios classe 2, determinados pela Resolução CONAMA 357/2005, de acordo com as faixas de pH. Destes, 80% foram observados no período da tarde, os 20% restantes ocorreram em P2 e P4, no período da manhã (correspondendo a um único valor em cada um destes pontos, no período da manhã). Ou seja, todos os pontos ultrapassaram, em duas ou mais ocasiões, o limite de N-amoniacoal estabelecido para rios classe 2. Em 14/09, P2 ultrapassou até mesmo os limites definidos para classe 3, assim como P4, em 14/10. Dessa forma, de acordo com esse parâmetro, os pontos P1 e P3 estariam classificados em classe 2, enquanto P4 e P2 estariam classificados em classe 4.

Embora não tenha sido detectado, nos trechos de coleta, pontos de lançamento de efluentes, os picos de N-amoniacoal isolados, como apresentado na figura 92 a e b, sem nenhum padrão, ocorrendo em todos os pontos em diferentes datas de coleta, mostram que a poluição no trecho analisado é difusa. Isso pode explicar a razão por que a correlação entre vazão e precipitação, e os diferentes parâmetros analisados, foi baixíssima.

Porém, de um modo geral, a partir dos dados médios, como pode ser observado na figura 94, o trecho sem mata ciliar apresentou valores mais elevados de N-amoniacoal do que o trecho com mata ciliar.

Figura 94 – Valores médios diários de N-amoniacoal em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise



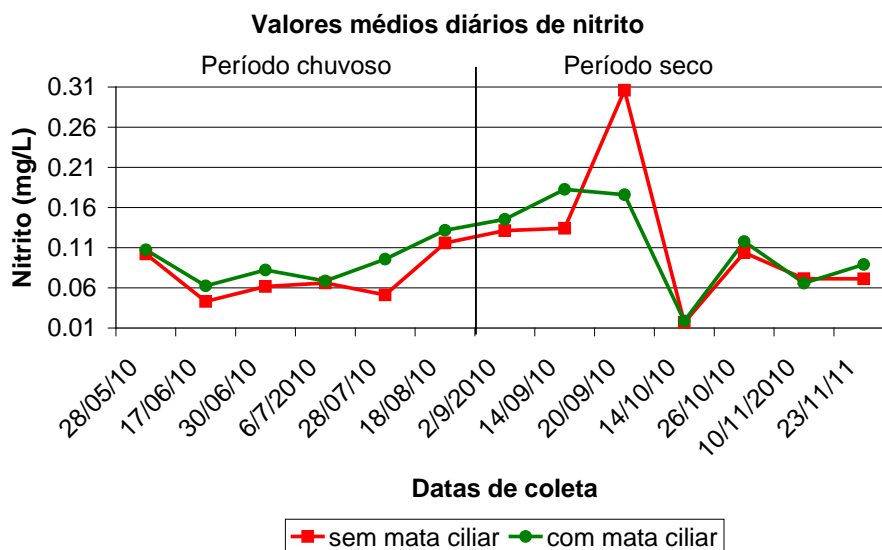
Os valores de nitrito variaram de 0,007 a 0,746 mg/L, não ultrapassando o limite determinado pela Resolução CONAMA 357/2005 para rios de classe 2, de 1 mg/L. Com exceção de P1, no dia 20/09, os valores também não ultrapassaram os limites determinados por esta Resolução para rios de classe 1, que é de 0,4 mg/L. Dessa forma, considerando o limite estabelecido para esse parâmetro, P2, P3 e P4 poderiam estar classificados em classe 1, e P1, em classe 2.

Tanto o menor quanto o maior valor de nitrito ocorreram em P1. As medianas mostraram que a maior parte dos valores medidos aumentaram de P1 para P2 e reduziram de P3 para P4, tanto no período chuvoso quanto no seco.

Como pode ser observado na figura 95, no dia 20/09 o valor medido de nitrito no trecho sem mata ciliar foi quase 1,2 vez maior que no trecho com mata ciliar, e em 26/10, este valor foi somente de 0,2 vez superior. No restante de todo o período analisado, o trecho com mata ciliar apresentou valores superiores aos do trecho sem mata ciliar.

Por estar a jusante, era de se esperar a elevação na concentração de nitrito no trecho com mata ciliar devido ao processo de nitrificação (especificamente a nitrificação) da amônia.

Figura 95 – Valores médios diários de nitrito em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise



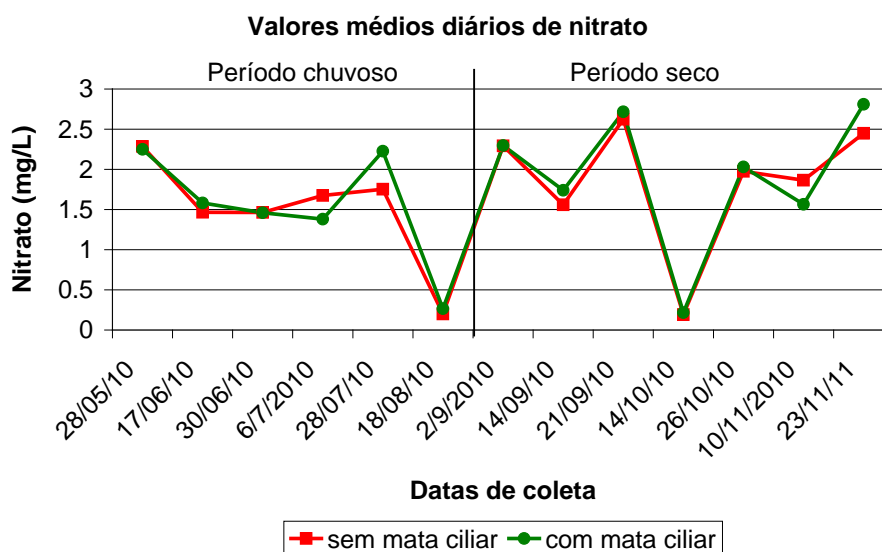
Fonte: Autora, 2012

Os valores de nitrato variaram de 0,069 a 3,342 mg/L, não ultrapassando, portanto, o limite de 10 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para rios classe 2 e classe 1, conforme pode ser observado na figura 96. Dessa forma, de acordo com este parâmetro, todos os pontos poderiam estar em classe 2 e até 1, já que o limite é o mesmo (10 mg/L).

O menor valor de nitrato foi observado em período chuvoso, e o maior, em período seco, ambos em P1. Foi observado que a maior parte dos valores aumentou de P1 para P2, e de P3 para P4. Porém, reduziram de P2 a P3.

Com exceção dos dias 28/05, 30/06, 06/07 e 10/11, os valores de nitrato foram maiores no trecho com mata ciliar que no trecho sem mata ciliar, conforme ilustrado na figura 96.

Figura 96 – Valores médios diários de nitrato em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise



De acordo com as tabelas 22 e 23, o Nitrogênio amoniacal apresentou medianas em P1 e P2 maiores que em P3 e P4, tanto no período seco quanto no chuvoso. Com relação ao nitrato, a tendência foi de aumento da concentração de P1 a P2, com diminuição de P2 a P3 e, novamente, aumento de P3 a P4. Já as concentrações de nitrito, no período seco tenderam a aumentar de P1 a P2 e, em seguida, diminuir, de P2 a P4. No período chuvoso estas concentrações aumentaram de P1 a P3 e diminuíram de P3 a P4.

A diminuição nas concentrações de N-amoniacoal pode indicar uma oxidação do nitrogênio amoniacoal ao longo do trecho de rio observado, já que estes nutrientes têm origem nos esgotos domésticos lançados no trecho de P1 a P2, próximo às áreas mais urbanizadas. Contribuindo para esta hipótese, está o decréscimo de oxigênio dissolvido no sentido do fluxo do rio, utilizado pelas bactérias nitrificantes para oxidar o material nitrogenado.

Sabe-se que o nitrogênio amoniacoal é indicador de contaminação recente, enquanto que o nitrato indica contaminação remota.

FÓSFORO TOTAL (MG/L)

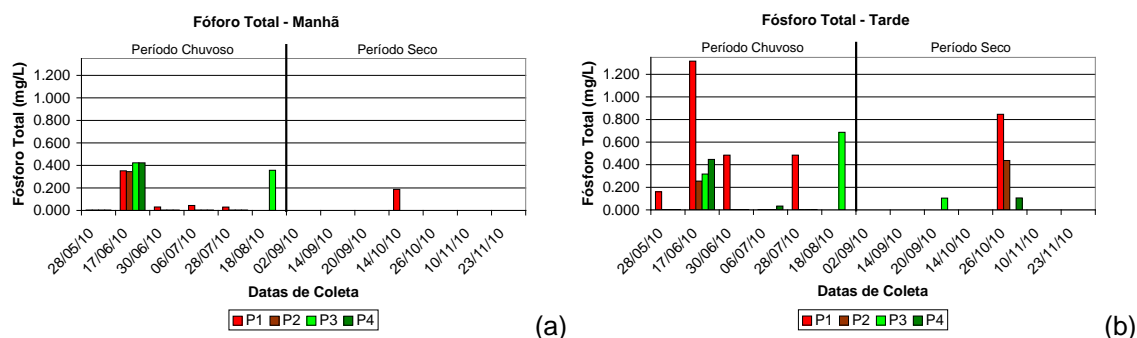
Em todas as amostras analisadas, 88% apresentaram concentrações de fósforo total abaixo do limite de detecção do método utilizado (abaixo de 0,003 mg/L). Dos valores detectáveis, 82% foram superiores a 0,100 mg/L, que é o limite máximo para rios classe 2, conforme a Resolução CONAMA 357/2005, em ambiente lótico.

P1 contribuiu com 39%, P2 com 17%, P3 com 28% e P4 com 17% destes valores. Ou seja, o trecho desmatado apresentou 56% dos valores acima desse limite.

Embora 80% dos valores medidos tenham mostrado concentração abaixo de 0,003 mg/L (valores não detectáveis pelo método), todos os pontos ultrapassaram o limite máximo permitido pela CONAMA para rio classe 2, de 0,100 mg/L, em algum momento do período de coleta, especialmente no período da tarde, conforme observado na figura 97 em 28/05, 17/06, 30/06, 28/07, 18/08, 20/09 e 26/10.

Todos os pontos ultrapassaram também o limite para classe 3, de 0,15 mg/L, de forma que esses pontos, para esse parâmetro, somente poderiam estar classificados em classe 4.

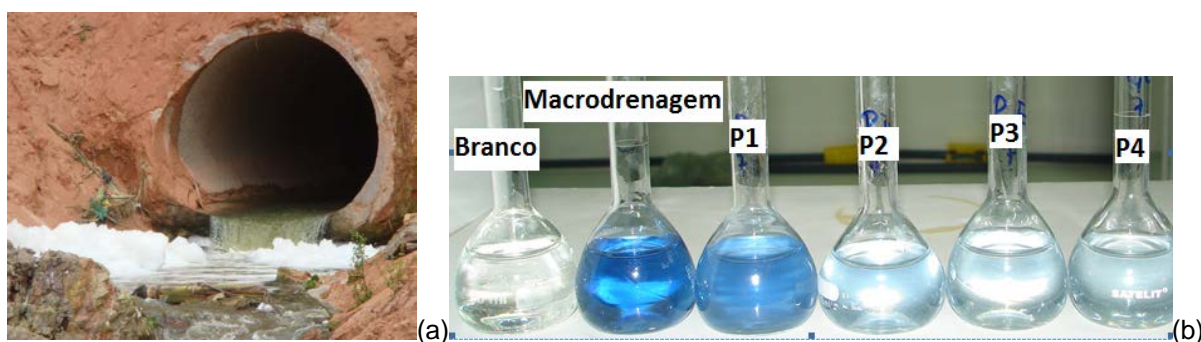
Figura 97 – Fósforo Total (a) manhã e (b) tarde



Fonte: Autora, 2012

A figura 98-a mostra evidências de contribuição de fósforo na água do Jacarecica pela água drenada do Tabuleiro. Isso pode ser observado pela quantidade de espuma presente na água, possivelmente proveniente de esgoto doméstico lançado na rede de drenagem, com contribuição de detergentes. As amostras de água analisadas em laboratório mostram o que foi verificado no período: valores mais altos de fósforo total na saída da macrodrenagem, os quais podem ter contribuído para as maiores concentrações de fósforo total em P1, em relação aos demais pontos, como mostra a figura 98-b. Como pode ser observado, nessa data (26/10), houve uma redução gradativa dos valores desse parâmetro de P1 em direção a P4.

Figura 98 – Água drenada do Tabuleiro para o rio Jacarecica pela observação de espuma na saída da macrodrenagem em 26/10/10 (a) e amostras de água em análise, na mesma data, no laboratório: branco, saída da macrodrenagem, P1, P2 P3 e P4 (b)

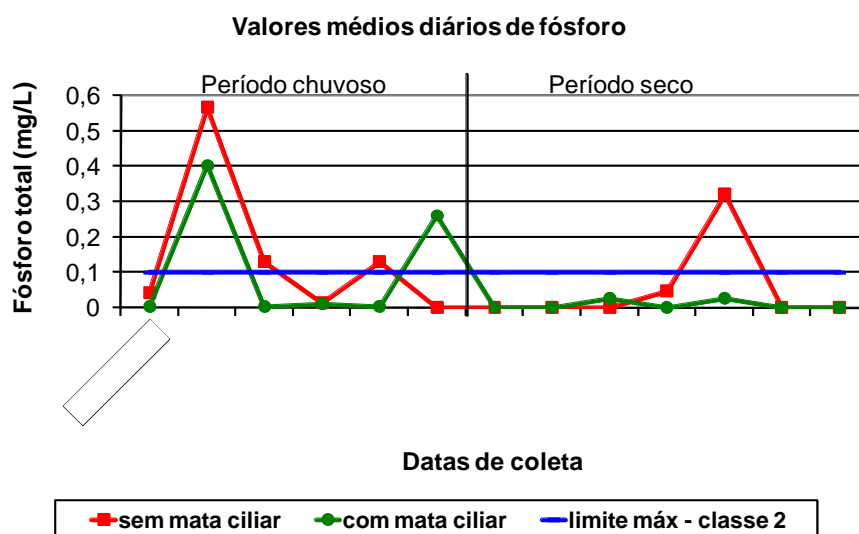


Fonte: Autora, 2012

Era esperado que a mata ciliar funcionasse como sumidouro de fósforo total escoado superficialmente, porém como pode ser visualizado nas figuras 97 e 99, houve ocasiões em que P3, localizado em trecho com mata ciliar, contribuiu com a elevação da média geral de fósforo total apresentando valores mais elevados que os demais pontos (18/08 e 20/09). É muito provável que neste ponto exista lançamento direto de esgoto doméstico, como esgoto de cozinha com detergentes – que elevam a concentração deste nutriente na água. Neste caso, o papel da mata ciliar, funcionando como filtros e sumidouro de nutrientes não seria desempenhado.

A figura 99 evidencia que, no geral, as concentrações de fósforo total na água foram superiores no trecho com solo sem mata ciliar, em relação ao solo com mata ciliar.

Figura 99 – Valores médios diários de fósforo total em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise

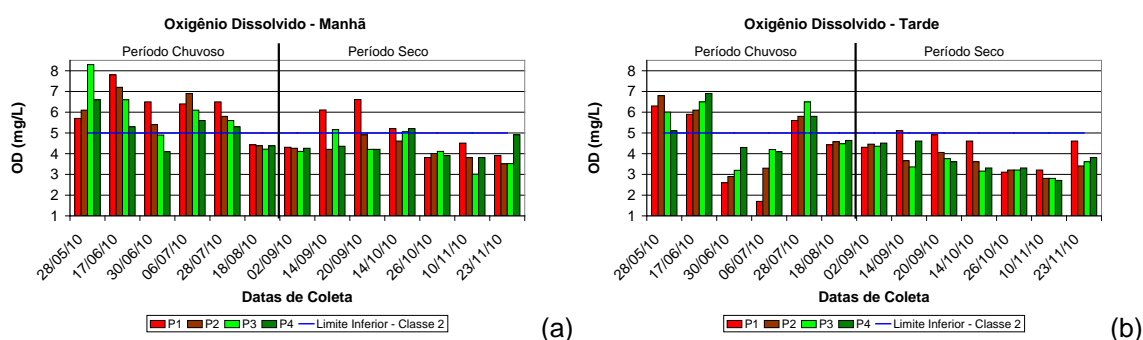


Fonte: Autora, 2012

OXIGÊNIO DISSOLVIDO (MG/L)

Como apresentado na figura 100, grande parte dos valores observados não alcançou os limites mínimos determinados pela Resolução CONAMA 357/2005 para rios de classe 2, que é de 5 mg/L. Como se disse anteriormente, a elevação da concentração de OD não ocorreu no período seco, com o aumento da fotossíntese (resultante do maior número de horas de insolação diária) em função da menor solubilidade deste gás, na medida em que a temperatura aumenta.

Figura 100 – Oxigênio Dissolvido (a) manhã e (b) tarde



Fonte: Autora, 2012

De todas as amostras analisadas para OD, 64% não alcançaram o valor mínimo de 5 mg/L, exigido pela CONAMA 357/2005, para rios classe 2. Todos os pontos, em alguma ocasião, também não alcançaram o valor mínimo exigido para classe 3, de 4 mg/L de OD. E P1, no dia 06/07, nem mesmo atingiu o mínimo exigido para rios classe 4, de 2 mg/L de OD.

Dos valores inferiores ao permitido pela CONAMA 357/2005, para rios classe 2, 73% ocorreram no período seco e 58% ocorreram no período da tarde. Este fato já era esperado, pois o aumento da temperatura da água (período seco e período da tarde) contribui para a diminuição da dissolução de oxigênio na massa líquida. Além disso, a elevação de temperatura resulta em maior atividade biológica, que eleva o consumo de OD na água.

A contribuição de cada ponto para os valores abaixo dos padrões, para a classe 2, para OD, foi de 21% (P1), 27% (P2), 25% (P3) e 27% (P4). Essa redução de montante para jusante pode ser devida ao consumo de oxigênio na decomposição da matéria orgânica depositada em P1.

Embora P1 e P2 sejam os pontos mais degradados, com ausência de mata ciliar, foram os pontos que, no geral, apresentaram maior percentagem de valores

dentro dos padrões classe 2, para OD. Porém, como pode ser observado na figura 100, esses valores foram mais elevados nas ocasiões mais chuvosas.

As primeiras chuvas (28/05 e 17/06) incrementaram OD em todos os pontos. Houve uma queda na concentração de OD (30/06 e 06/07), do período da manhã para o da tarde, em dias sem chuva. Esse fato pode ser explicado pelo consumo de matéria orgânica elevado com as temperaturas (de manhã para a tarde), consumindo oxigênio. E, sem a ocorrência de chuvas, não houve contribuição para o aumento de OD, pela elevação da turbulência e contato da água com o ar. Nestas datas (30/06 e 06/07) esta redução de OD foi diferenciada, em relação a dias que não choveram, como 14 e 26/10. Essa diferença pode ser observada, especialmente no trecho sem mata ciliar, com uma diferença média de concentração de OD de 3,2 e 4,2 mg/L em 30/06 e 06/07, respectivamente, enquanto que essa diferença foi de 0,8 e 1,7 mg/L no trecho com mata ciliar. Isto se deve ao fato de que, nos dias 30/06 e 06/07 sucederam as primeiras chuvas, que contribuíram com maior carga de matéria orgânica pela lavagem do esgoto presente nas redes de drenagem e no solo, assim como de outros nutrientes do solo, das ruas e do ar. Por tais observações, pode-se inferir que a mata ciliar cumpriu o seu papel na retenção de matéria orgânica.

Nos dias 14 e 26/10, a maior parte da matéria orgânica já havia sido “lavada” das redes de drenagem. Dessa forma, a menor quantidade de matéria orgânica a ser consumida resultou em menor consumo de OD, especialmente em P1.

Por ser o ponto mais degradado e, portanto, suscetível a maior aporte de matéria orgânica, era de se esperar que P1 tivesse somente valores baixos para a concentração de OD, pela degradação desta matéria. Porém, como é um ponto desmatado, o contato direto da gota de chuva com a água do rio, gerando turbulência, pode ter sido o fator de contribuição para que esse ponto tivesse altos valores de OD, como o observado em 17/06, de 7,8 mg/L. Vale lembrar que os dados indicam que o dia 17/06 foi o mais chuvoso do período analisado, conforme pode ser visualizado na tabela 17, com registro de chuva intensa no diário de campo e superior a 17mm nos dois postos de medição. Outro fator a ser considerado é que, com o assoreamento, P1 teve sua superfície de contato com o oxigênio aumentada, o que faz com que a oxigenação da água seja maior. Por outro lado, P1 também foi o ponto que apresentou os menores valores de OD (resultando, portanto, nas maiores amplitudes de valores encontrados (6,1 mg/L). O menor valor medido foi de

1,7 mg/L, exatamente no dia 06/07 (início das chuvas), confirmando a hipótese de que no início das chuvas, apesar da contribuição de OD pela turbulência, há também maior consumo de OD, devido ao grande aporte de matéria orgânica.

Na figura 101, é possível observar visualmente as grandes diferenças da seção do rio em P1 no início e no final do período de coletas. Como pôde ser observado na figura 83 (a e b), o rio ficava em uma seção bem encaixada, e depois mostrou-se assoreado (figura 101 c e d).

Figura 101 – Vista da seção do rio Jacarecica em P1 no início (a e b) e no final do período de coletas (c e d)



Fonte: Autora, 2012

Como se pode observar na, figura 102, de um modo geral, o trecho sem mata ciliar apresentou valores de OD superiores aos do trecho com mata ciliar em 69% das amostras analisadas no período. Observa-se também que a redução/elevação de OD varia semelhantemente nos dois trechos, isto porque tal dinâmica é muito dependente do fluxo da água, ou seja, redução/elevação da vazão, que ocorre semelhantemente em ambos os trechos.

Tabela 25 - Valores de DBO₅ em função das características do curso d'água

Condição do rio	DBO ₅ do rio (mg/L)
Bastante limpo	1
Limpo	2
Razoavelmente limpo	3
Duvidoso	5
Ruim	>10

Fonte: Von Sperling (2005)

Para todo o período analisado, 55% das amostras ultrapassaram o valor limite de 5 mg/L de DBO, estabelecidos pela CONAMA 357/2005 para rios classe 2, sendo que, destes valores acima do limite, 86% ocorreram em período seco.

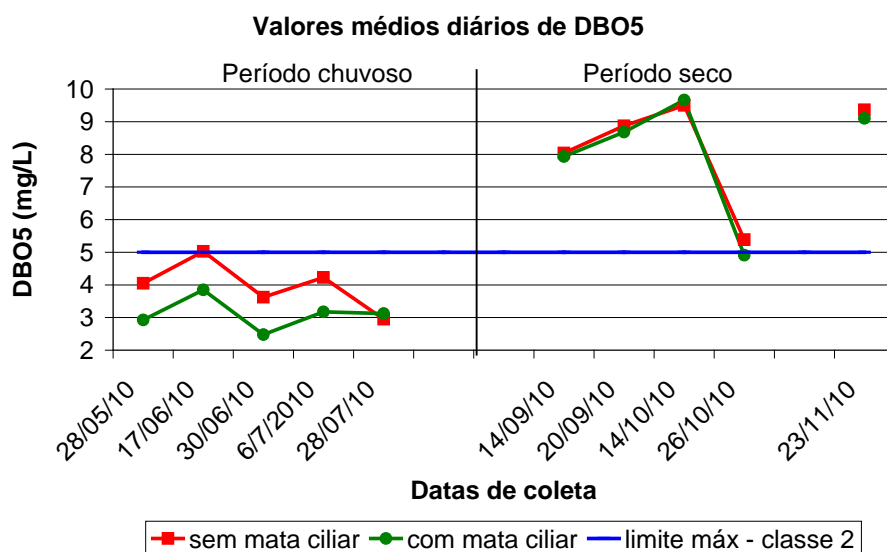
Das amostras que ultrapassaram os limites da legislação, 55% foram coletadas no período da tarde, sendo que, no período chuvoso, somente à tarde esses valores ultrapassaram esse limite.

A contribuição de cada ponto para os valores que ultrapassaram o limite de DBO foi de 30% para P1, 23% para P2, 25% para P3 e 23% para P4.

Os valores baixos de DBO no período chuvoso podem ser explicados pelo efeito da diluição. No período seco ocorre um aumento na concentração de matéria orgânica pelas menores vazões, elevando a DBO.

Comparando, agora, os pontos desmatados e florestados, conforme ilustrado na figura 104, a DBO média em P1 e P2 foi de 5,3 e 5,6 mg/L, respectivamente, enquanto que em P3 e P4 foi ligeiramente menor, 5,1 e 4,9 mg/L, respectivamente. Este fato pode ser um indicador de que a mata ciliar contribui com absorção da carga orgânica carregada para os rios. De modo geral a DBO foi mais alta no trecho desmatado, no período chuvoso. Já no período seco, a diferença foi menor que 0,5 mg/L, estando tal diferença dentro do erro do método.

Figura 104 – Valores médios diários de DBO em trecho com mata ciliar e sem mata ciliar ao longo de todo o período de análise



Era esperado que no período seco a DBO fosse elevada pela maior concentração de matéria orgânica, livre do efeito de diluição das chuvas. Como pode ser observado na figura 104, isso realmente aconteceu, em ambos os trechos. No período chuvoso, como esperado, ocorreu o inverso, com valores de concentração inferiores aos do período seco.

No período chuvoso, com exceção de 28/07, que apresentou concentrações de DBO próximas em ambos os trechos, os resultados das análises foram superiores no trecho sem mata ciliar. Este fato também era esperado, já que a ausência de mata ciliar permite maior aporte de nutrientes nesse trecho.

O mesmo comportamento é observado com a DBO₅ carbonácea, ou seja, decréscimo ao longo do trecho do rio, o que indica uma possível autodepuração com consumo de oxigênio do meio. Nesse caso, o trecho de mata também pode ter contribuído para evitar novas cargas orgânicas poluidoras chegando ao rio.

5.3.3 Parâmetros Biológicos

Os parâmetros biológicos avaliados foram coliformes totais e *E coli*. Esses dados foram agrupados da mesma forma que os parâmetros físicos e químicos, e trabalhados estatisticamente. Os resultados estão apresentados nas tabelas 26 e 27 e na figura 105.

Tabela 26 – Valores obtidos para os parâmetros biológicos em período seco.

PARÂMETRO	PONTO	mínimo	Q1	mediana	Q3	máximo	Discrepância
Coliformes totais (NMP/100mL) Sem mata ciliar	P1	1379x10 ³	1464 x 10 ³	1722 x 10 ³	3255 x 10 ³	4884 x 10 ³	24196x10 ³
	P2	1355 x 10 ³	1464 x 10 ³	1586 x 10 ³	2481 x 10 ³	6867 x 10 ³	12033x10 ³
Coliformes totais (NMP/100mL) Com mata ciliar	P3	1112 x 10 ³	1408 x 10 ³	1570 x 10 ³	2481 x 10 ³	3076 x 10 ³	4884 x 10 ³
	P4	147,6x 10 ³	1355 x 10 ³	1437 x 10 ³	2247 x 10 ³	3255 x 10 ³	5172 x 10 ³
<i>E-coli</i> (NMP/100mL) Sem mata ciliar	P1	12,5 x 10 ³	30 x 10 ³	46,5 x 10 ³	128 x 10 ³	246 x 10 ³	-
	P2	10 ³	15 x 10 ³	30,6x10 ³	41 x 10 ³	41 x 10 ³	272 x 10 ³ 141 x 10 ³
<i>E-coli</i> (NMP/100mL) Com mata ciliar	P3	10 ³	15 x 10 ³	47 x 10 ³	105 x 10 ³	216 x 10 ³	-
	P4	10 ³	10 ³	13,8 x 10 ³	20 x 10 ³	31 x 10 ³	-

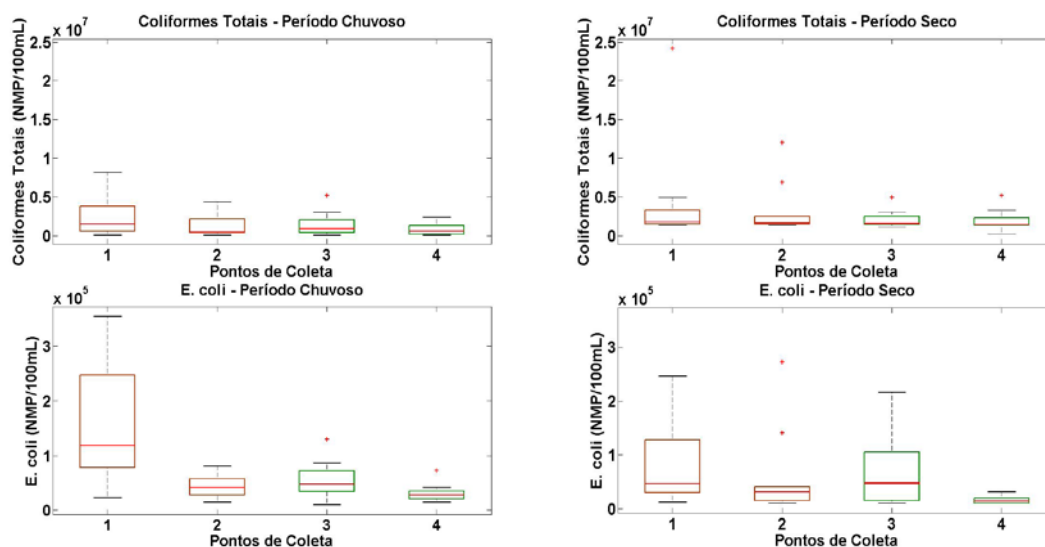
Fonte: Autora, 2012

Tabela 27 – Valores obtidos para os parâmetros biológicos em período chuvoso

PARÂMETRO	PONTO	mínimo	Q1	mediana	Q3	máximo	Discrepância
Coliformes totais (NMP/100mL) Sem mata ciliar	P1	20 x 10 ³	532,65x 10 ³	1473,5x 10 ³	3803,5x1 0 ³	8164 x 10 ³	-
	P2	28,5 x 10 ³	357,2x 10 ³	429 x 10 ³	2157,5x1 0 ³	4352 x 10 ³	-
Coliformes totais (NMP/100mL) Com mata ciliar	P3	10 x 10 ³	365,5x 10 ³	875 x 10 ³	2043 x 10 ³	2987 x 10 ³	5172 x 10 ³
	P4	10 x 10 ³	136,7x 10 ³	581,2 x 10 ³	1313,8x1 0 ³	2359 x 10 ³	-
<i>E-coli</i> (NMP/100mL) Sem mata ciliar	P1	22,7 x 10 ³	78,5 x 10 ³	118,5 x 10 ³	247,3 x 10 ³	35,5 x 10 ³	-
	P2	15 x 10 ³	20,03x 10 ³	41,825x 10 ³	57,5x 10 ³	80,5 x 10 ³	-
<i>E-coli</i> (NMP/100mL) Com mata ciliar	P3	10 x 10 ³	34,45 x 10 ³	47,5 x 10 ³	72 x 10 ³	86 x 10 ³	130 x 10 ³
	P4	15 x 10 ³	20,7 x 10 ³	28,25 x 10 ³	35 x 10 ³	41,5 x 10 ³	73 x 10 ³

Fonte: Autora, 2012

Figura 105 - Diagrama dos 5 números para os dados dos parâmetros biológicos



Fonte: Autora, 2012

COLIFORMES TOTAIS (NMP/100ML)

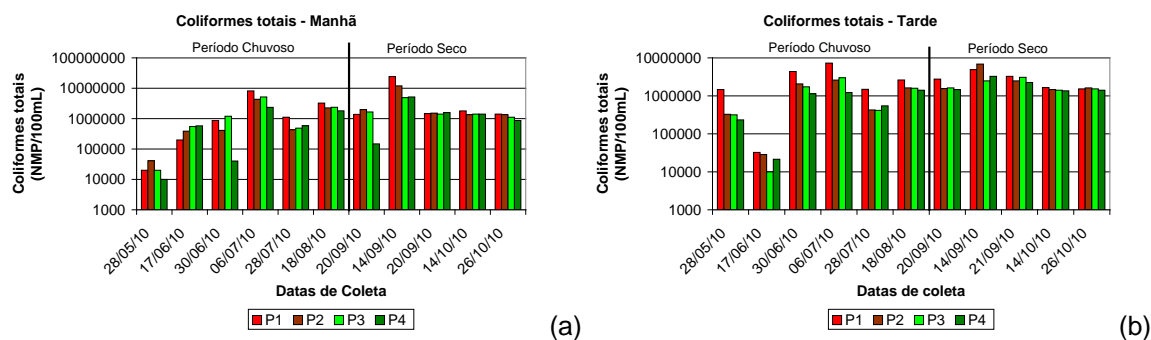
Os valores observados de coliformes totais variaram de $1,4760 \times 10^5$ a $2,4196 \times 10^7$ NMP/100mL, no período seco, e 10^3 a $8,1640 \times 10^6$ NMP/100mL, no período chuvoso, com uma média em todo o período de coleta de $2,14034 \times 10^6$ NMP/100mL.

A figura 105 mostra que a dispersão de dados em P1 foi maior em relação aos demais pontos. P1 e P2 apresentaram as maiores discrepâncias, na ordem de 10^7 : $2,4196 \times 10^7$ NMP/100mL e $1,2033 \times 10^7$ NMP/100mL, respectivamente. P3 ($4,884 \times 10^6$ NMP/100 mL) e P4 ($5,172 \times 10^6$ NMP/100mL) apresentaram discrepâncias menores, na ordem de 10^6 .

Como pode ser observado na figura 106, com exceção do dia 17/06, o mais chuvoso observado nas datas de coleta, todos os valores foram mais elevados no período da tarde, o que faz sentido, considerando que no período da manhã a ocorrência de lançamento de efluentes é menor. Além disso, sucessivos lançamentos ao longo do dia levam à elevação da concentração no período da tarde.

Sendo representado por P1 e P2, o trecho sem mata ciliar apresentou maiores valores de coliformes totais em 73% das amostras analisadas, sendo que à tarde apresentou valores superiores aos pontos P3 e P4 (com mata ciliar) em 100% das amostras analisadas e de 62% no período da manhã.

Figura 106 – Coliformes totais (a) manhã e (b) tarde (escala logarítmica)

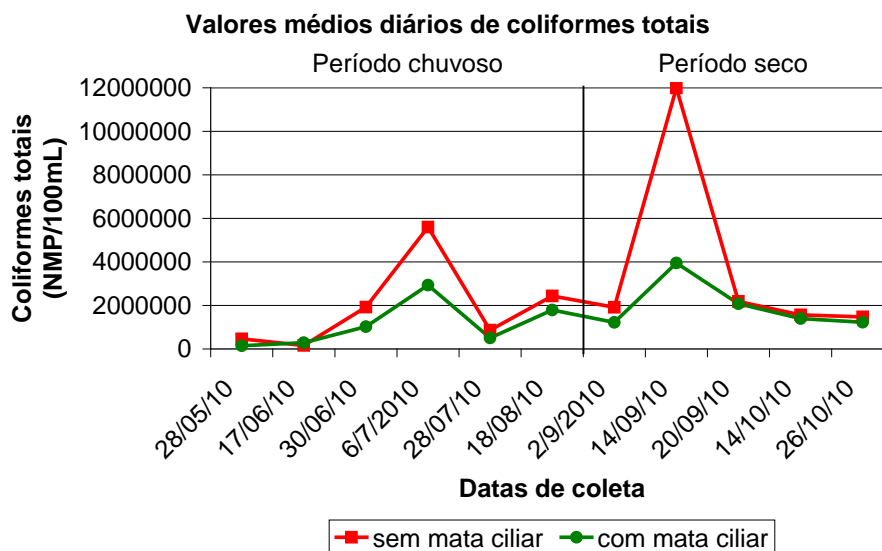


P1 manteve este padrão: coliformes totais em maior quantidade em relação aos demais pontos na maior parte das amostras analisadas (figura 106).

O trecho sem mata ciliar apresentou uma média de 1,85 vez mais coliformes totais que o trecho com mata ciliar.

Como pode ser observado na figura 107, com exceção do dia 17/06, em todas as datas de coleta, o trecho sem mata ciliar apresentou valores superiores ao trecho com mata ciliar, uma média de 1,85 vez superior. Nos dias 06/07 e 14/09, esses valores foram ainda maiores: o trecho sem mata ciliar apresentou valores mais que 3 vezes superiores ao trecho com mata ciliar.

Figura 107 – Valores médios diários de coliformes totais



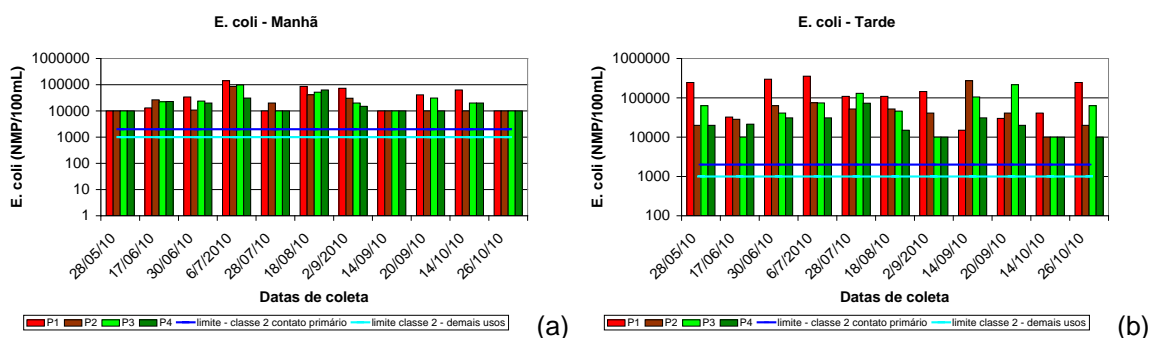
ECHERICHIA COLI (NMP/100ML)

A Resolução CONAMA 274/2000 estabelece que valores de *E. coli* superiores a 2000/100mL na última amostragem caracterizam água imprópria para recreação de contato primário. A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece os mesmos

valores da CONAMA 274/2000 e ainda define que para outros usos as concentrações de coliformes termotolerantes, aqui representados por *E. coli*, não devem exceder o limite de 1000 *E. coli*/100mL em 80% das amostras ou 6 amostras coletadas ao longo de um ano em período bimestral. Todos os pontos ultrapassaram o valor de 1000 NMP/100mL, ou seja, nenhum deles seria nem mesmo considerado de classe 3, que limita o valor de *E. coli* em 4000NMP/100 mL para “outros usos” menos exigentes. Assim, de acordo com esse parâmetro estariam na classe 4.

A figura 108 mostra que nenhum dos dados analisados esteve dentro dos padrões mínimos exigidos pela Resolução CONAMA 274/2000 para recreação de contato primário, muito menos para outros usos, considerando corpos d’água classe 2.

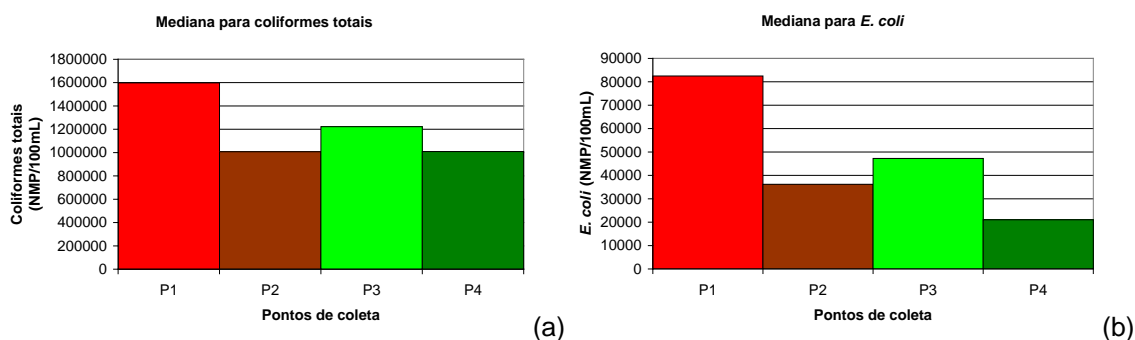
Figura 108 – *E. coli* (a) manhã e (b) tarde (escala logarítmica)



Fonte: Autora, 2012

Os valores de coliformes totais e *E. coli* foram mais elevados em P1, em quase todas as ocasiões de medição, conforme observado na figura 109.

Figura 109 – Média dos valores das medianas dos períodos seco e chuvoso para coliformes totais



Fonte: Autora, 2012

Para *E. coli*, P1, P2 e P3 apresentaram as maiores discrepâncias, da ordem de 10^5 NMP/100mL; em P4, foi da ordem de 10^4 NMP/100mL.

No dia 17/06, em ocasião da chuva mais intensa do período, pode ter havido um efeito de diluição, após a lavagem dos sistemas de drenagem pelas chuvas leves

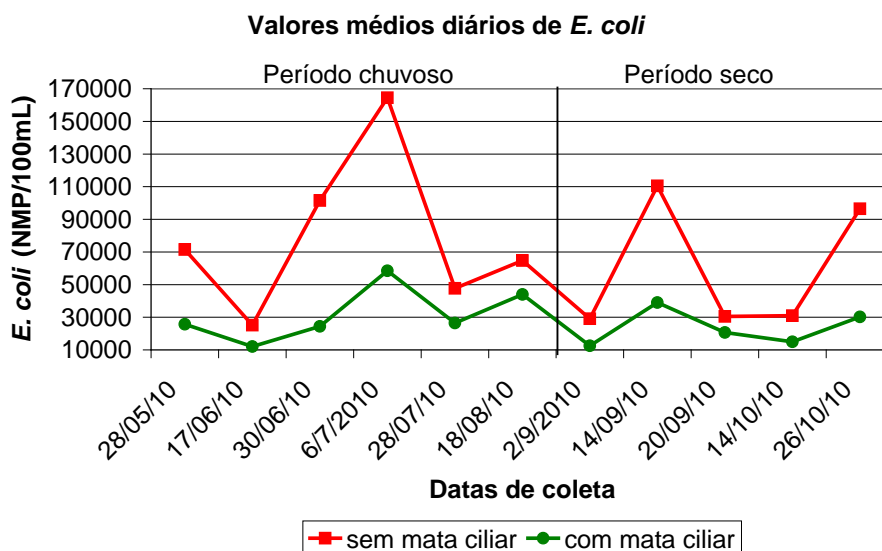
que ocorreram anteriormente, como no dia 28/05, lembrando ser este um período de chuvas contínuas.

Os altos valores concentrados em P1 podem ser tanto devidos a maior proximidade aos pontos de lançamento quanto devidos à ausência de mata ciliar, permitindo maior entrada de efluentes na rede de drenagem. Por outro lado, os menores valores nos pontos a jusante (P3 e P4) podem ter ocorrido pelo efeito da autodepuração ao longo do percurso do rio, mas também podem ter ocorrido pela retenção de microrganismos da água de drenagem na mata ciliar. Porém, os altos valores permanentes de coliformes, tanto totais quanto *E. coli*, em P1, indicam lançamento de esgoto *in natura* no rio.

Os valores de *E. coli* foram superiores no trecho sem mata ciliar em todo o período de coleta, em média de 2,5 vezes. Nos dias 30/06 e 26/10, os valores no trecho sem mata ciliar foram mais que 4 vezes superiores em relação ao trecho com mata ciliar.

Conforme pode ser observado na figura 110, de modo geral as variações foram concomitantes em ambos os trechos, porém foram verificados picos em 06/07, 14/09 e 26/10 no trecho sem mata ciliar.

Figura 110 – Valores médios diários de *E. coli*



Fonte: Autora, 2012

5.4 Proposta de enquadramento dos trechos de rio estudados

De acordo com o resultado das análises, parâmetros como pH, nitrito e nitrato ainda se apresentaram dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA

357/2005 para rios classe 2, e ferro, para rios classe 3. Já os demais, como turbidez, sólidos sedimentáveis, STD, fósforo total, DBO e *E. coli*, ficaram dentro dos limites para rios classe 4.

No caso do N-amoniacoal, o trecho com presença de mata ciliar ficou dentro do limite para classe 3, mas o trecho com ausência de mata ciliar ultrapassou esse limite, estando dentro do limiar para classe 4. No caso de OD, o trecho com presença de mata ciliar ficou dentro do limite para classe 4 e o trecho com ausência de mata ciliar ultrapassou até mesmo o limite para classe 4, apresentando, para este parâmetro, característica de esgoto.

Dessa forma, conforme descrito e apresentado na tabela 28, de acordo com os resultados analisados, tanto o trecho com ausência (P1 a P2) como o trecho com presença de mata ciliar (P3 a P4) estão atualmente classificados em classe 4, ou seja, sua qualidade somente é compatível para navegação e harmonia paisagística.

Tabela 28 – Classificação dos trechos do rio Jacarecica com presença e com ausência de mata ciliar de acordo com a qualidade da água

Parâmetro de qualidade	Trecho 1*	Trecho 2**
Turbidez	Classe 4	Classe 4
STD	Classe 4	Classe 4
pH	Classe 2	Classe 2
Ferro	Classe 3	Classe 3
N-amoniacoal	Classe 3	Classe 2
Nitrito	Classe 2	Classe 2
Nitrato	Classe 2	Classe 2
Fósforo total	Classe 4	Classe 4
OD	Nem classe 4	Classe 4
DBO	Classe 4	Classe 4
<i>E. coli</i>	Classe 4	Classe 4

* trecho de P1 a P2, sem mata ciliar

** trecho de P3 a P4, com mata ciliar

Fonte: Autora, 2012

A figura 111 apresenta um resumo dos usos da bacia do Jacarecica observados e registrados ao longo do período de estudo. Como pode ser observado, apesar dos trechos de rio analisados somente serem compatíveis com navegação e harmonia paisagística (classe 4), usos mais nobres foram frequentemente observados, como a recreação de crianças e a dessedentação de animais, assim como a pesca de camarões. O uso de água para dessedentação animal, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, exigiria enquadramento do trecho em classe 3; já para recreação de contato primário, exigiria enquadramento do rio em classe 2.

Como se pode observar, a legislação permite que a classificação do rio seja generalizada pela desconformidade de um único parâmetro de qualidade. Ou seja,

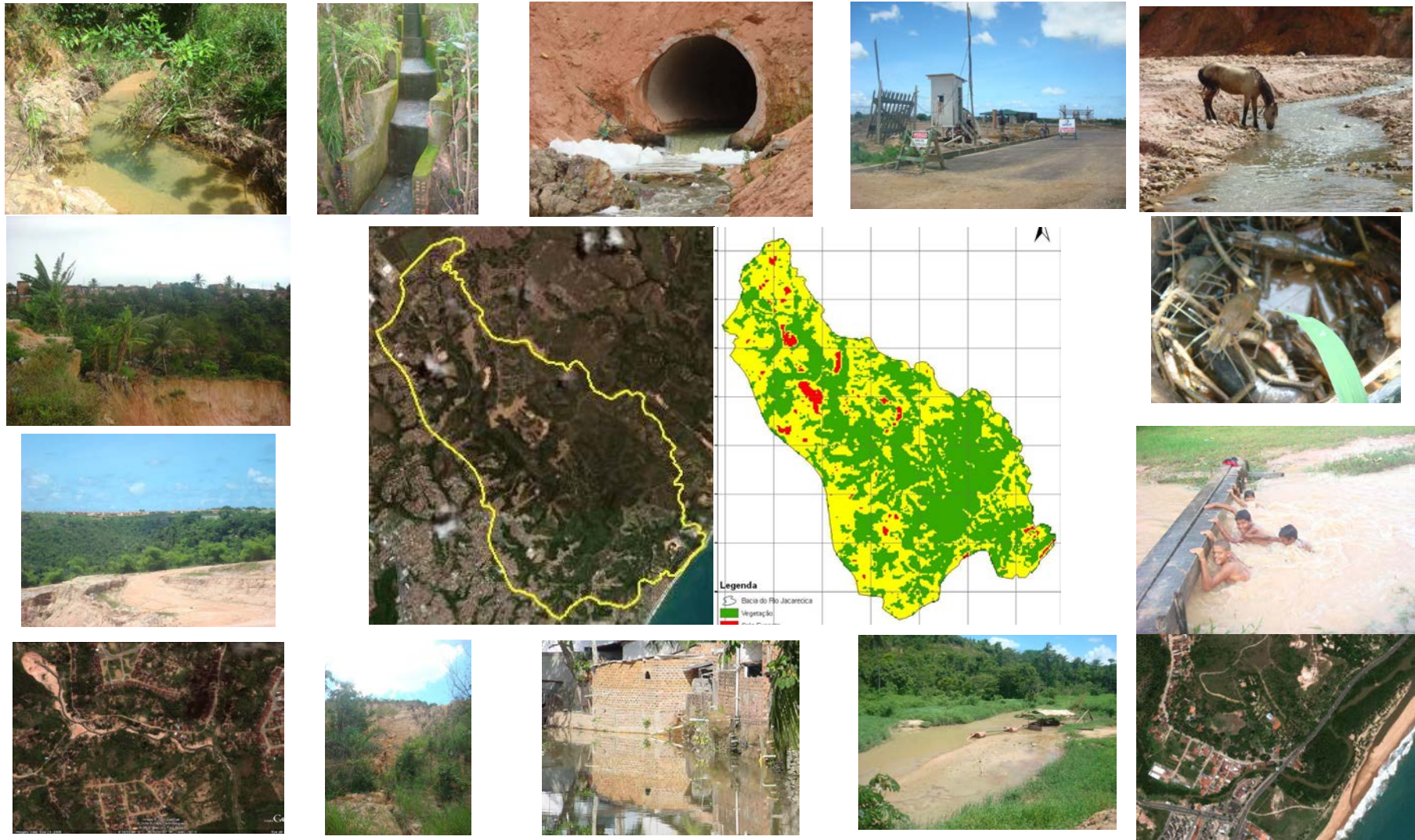
mesmo tendo a água qualidade superior, um único parâmetro em desconformidade faz com que o rio receba uma classificação inferior, o que não é o caso dos trechos analisados. Isto pode induzir a erros no enquadramento de rios, já que muitos dos aplicadores da lei podem entender que o rio deve estar enquadrado conforme a sua classificação e não conforme seus usos preponderantes.

Por isso é importante ressaltar que, de acordo com o art. 38 da Resolução CONAMA 357/2005, *o enquadramento do corpo hídrico será definido pelos usos preponderantes mais restritivos da água, atuais ou pretendidos*. Dessa forma, considerando que o uso para recreação de contato primário nestes trechos de rio é frequente, a proposta é de que os dois trechos analisados estejam enquadrados em classe 2.

Considerando o enquadramento proposto, para os trechos analisados recomenda-se que sejam mapeadas todas as fontes de poluição da bacia que afetem a qualidade das águas do Jacarecica. Tendo sido determinadas tais fontes, deve-se exigir o tratamento adequado dos efluentes, obedecendo a condições, padrões e exigências estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005. Metas intermediárias e finais, progressivas e obrigatórias devem ser estabelecidas para o enquadramento dos trechos. O lançamento de efluentes deve ser licenciado, estando na licença estabelecida a carga máxima de poluentes a serem lançados, que não comprometam as metas para o enquadramento do rio e de acordo com os padrões exigidos na Resolução CONAMA 357/2005.

Seria interessante que a pluviometria da bacia do Jacarecica assim como o nível do rio e a vazão fossem monitorados continuamente para obtenção de correlações que possibilitassem um melhor entendimento da variação da qualidade da água deste rio em função das variações de chuva. O monitoramento é importante para a avaliação preliminar da situação atual da bacia para embasar um planejamento para a efetivação das metas de qualidade de água a serem alcançadas.

Figura 111 – Usos atuais da bacia do Jacareica



Fonte: Autora, 2012

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com relação aos parâmetros físicos de qualidade da água, os resultados obtidos indicam que a mata ciliar do trecho de rio analisado, embora esteja em estágio inicial a secundário de regeneração, está desempenhando sem dúvida importante papel na retenção de sedimentos. As evidências apontam para a representatividade na redução da quantidade de sólidos sedimentáveis, especialmente em período chuvoso, na presença de mata ciliar. Após analisar pequena alteração do perfil do rio em P4 e grande alteração em P1, devido ao grande aporte de sedimentos, deixando-o quase que totalmente assoreado após o período chuvoso –, é possível inferir que a mata ciliar pode ter tido grande contribuição na retenção de sedimentos em P4.

O estudo em uma bacia real é complicado pela existência de interferentes. No caso da bacia do Jacarecica, podemos chamar, a esses interferentes, de poluição difusa, ou seja, poluição existente mas não identificada.

O fato de ser uma bacia urbana e rural e apresentar fontes difusas de poluição de qualidade variável pode ser o fator principal que torna muito complexa a bacia do Jacarecica. Essa complexidade ficou evidenciada pela ausência geral de correlação satisfatória entre os dados de precipitação/vazão e qualidade, assim como entre dados de qualidade.

Pela observação de dados, valores e frequência, pode-se inferir que existe lançamento de efluentes com composição variável. Os picos de valores – especialmente de ferro, fósforo e coliformes, condutividade, sem relação aparente com precipitação e vazão e sem decréscimo e aumento gradativo de montante a jusante – leva a crer que existe lançamento difuso de efluentes de diferente composição química.

No que diz respeito aos parâmetros biológicos, não é possível afirmar que a redução das concentrações de coliformes totais e *E. coli* – dos pontos com ausência de mata ciliar (P1 e P2) aos pontos com presença de mata ciliar (P3 e P4) – seja devida à presença da vegetação, já que os principais pontos de lançamento de esgoto estão a montante dos pontos coletados, podendo essa redução gradativa ocorrer devido à autodepuração do rio. Porém, a possibilidade de que essa redução tenha ocorrido por contribuição das matas ciliares não deve ser descartada.

De modo geral, os resultados de qualidade da água apontam para um processo generalizado de contaminação das águas superficiais, seja pela presença de coliformes totais e *E. coli*, de origem humana ou animal (no caso de *E. coli*), seja de substâncias associadas a esses despejos. A contaminação humana tem origem na retirada da mata ciliar e na inexistência de sistemas de coleta e tratamento de esgotos, sendo uma prática comum a destinação destes efluentes "*in natura*" diretamente na rede de águas pluviais, quando existente, ou diretamente na drenagem natural ou no próprio rio. Isso indica, até certo ponto, a necessidade de se ampliar a cobertura do sistema de coleta e tratamento de esgotos, como forma de proteção ambiental e da saúde da população. Porém, o procedimento de coleta não deve descartar a necessidade de preservação das APPs, considerada uma das melhores práticas de gestão de recursos hídricos (BMPs – Best Management Practice).

Amostragens de água regulares devem ser realizadas para medição de parâmetros de qualidade. Outros parâmetros de qualidade devem ser incluídos no monitoramento, como cor verdadeira e cloretos, dentre outros. Além disso, seria interessante que fossem realizados estudos sobre a influência das culturas presentes na bacia do Tabuleiro e do Jacarecica (como a cana-de-açúcar e a aplicação da vinhaça) na qualidade da água. Da mesma forma, trabalhos que quantifiquem a produção de matéria orgânica pelas florestas remanescentes e sua composição química, de forma que se possa avaliar com maior clareza o papel da mata ciliar na absorção dos nutrientes oriundos de escoamento superficial.

Considerando o papel da mata ciliar como filtro de poluentes, recomenda-se que o Poder Público exija, no mínimo, o cumprimento da legislação de proteção de florestas nativas (Lei Federal 12. 651/2012), mantendo as faixas de vegetação ciliar de 30 metros e recuperando a faixa mínima exigida de 8 metros em área consolidada. Da mesma forma, deve-se minimamente cumprir a legislação no que diz respeito às demais APPs. Importa ressaltar que a política florestal de Alagoas é ainda mais restritiva do que a legislação nacional de proteção de florestas.

Esses resultados apontam para uma necessidade de maiores cuidados, no sentido de preservar as matas ciliares e impedir o contato de efluentes e dejetos com os cursos d'água, sob o risco de causar destruição irreversível de recursos de valor ecológico, comprometendo sua autodepuração e impedindo que sejam

desfrutados pela comunidade local. Infelizmente não foi observado nenhum trabalho de recuperação de áreas degradadas na bacia do Jacarecica.

A manutenção das APPs e de áreas verdes, assim como de pavimentos permeáveis, seria importante forma de favorecimento da infiltração e da redução do escoamento superficial. Essas práticas reduziriam lixos e contaminantes carreados em direção aos rios.

Com o propósito de alcançar os objetivos propostos, seria interessante que o Poder Público desenvolvesse um amplo trabalho de divulgação para informar sobre a legislação existente e a importância de seu cumprimento. Ela poderia ser realizada através de *outdoors*, rádio, televisão, internet, campanhas de educação nas escolas, em diferentes níveis, dentre outras inúmeras formas contínuas de trabalho de educação ambiental.

O Poder Público deve deixar claro à população os riscos inerentes da ocupação de APPs, não somente no que diz respeito à degradação ambiental. O fato dessas áreas serem, geralmente, de risco deve ser também divulgado para sensibilizar as pessoas sobre os perigos de sua ocupação.

É urgente que iniciemos um trabalho para mudanças no padrão brasileiro de desenvolvimento rural e urbano. Não é um quadro fácil de ser mudado, mas é imperativo que ações integradas sejam realizadas, por órgãos públicos e privados, em busca de um planejamento e um controle de ocupação urbana que priorize a não ocupação das áreas de preservação permanente.

Como bem disse Carvalho e Francisco (2003), é urgente adotar medidas mitigadoras que façam com que esse ecossistema urbano, demarcado hidrogeomorfologicamente e denominado Área de Preservação Permanente – APP – deixe de ser um passivo ambiental e passe a significar um atrativo paisagístico de importância maior.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil:** Brasília, DF, 2012a. (Informe, 2012).

AGUDO, E. G. et. al. **Guia de coleta e preservação de amostras de água.** São Paulo: CETESB, 1987. 150p.

ALAGOAS [**Constituição Estadual de Alagoas (1989)**]. Texto promulgado em 05 de outubro de 1989 e atualizado até a Emenda Constitucional n. 38, de 13 de maio de 2010. Maceió, 2012. Disponível em: <http://www.gabinetecivil.al.gov.br/legislacao/Constituicao%20do%20Estado%20de%20Alagoas.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2011.

ALAGOAS. **Decreto nº 3.766, de 30 de outubro de 1978.** Enquadra os Cursos D'água do Estado de Alagoas na Classificação Estabelecida pela Portaria nº GM-0013, de 15 de janeiro de 1976, do Ministério do Interior e dá providências correlatas. Disponível em: http://www.ima.al.gov.br/legislacao/decretosestaduais/Decreto%20n%203.766_78.pdf. Acesso em: 4 mar. 2011.

ALAGOAS. **Decreto nº 4.631, de 6 de abril de 1981.** Dispõe sobre normas referentes às condições mínimas de proteção ambiental, previstas no art. 133, § 1º, da Emenda Constitucional do Estado de Alagoas. Disponível em: http://www.ima.al.gov.br/legislacao/decretosestaduais/Decreto%20n%204.631_81.pdf. Acesso em: 25 fev. 2011.

ALAGOAS. **Decreto nº 5.536, de 3 de outubro de 1983.** Estabelece novas normas para proteção do Meio Ambiente no litoral do Estado de Alagoas, Complementares às do decreto n.º 4.631, de 06 de abril de 1981. Disponível em: http://www.ima.al.gov.br/legislacao/decretosestaduais/Decreto%20n%205.536_83.pdf. Acesso em: 13 mar. 2011.

ALAGOAS. **Decreto nº 4.062, de 7 de outubro de 2008.** Revoga o decreto estadual nº 3.766, de 30 de outubro de 1978, que enquadra os cursos d'água do estado de alagoas na classificação estabelecida pela portaria nº gm-0013, de 15 de janeiro de 1976, do ministério do interior, e dá providências correlatas. Disponível em: <http://www.gabinetecivil.al.gov.br/legislacao/decretos/2008/10/decreto-4062>. Acesso em: 22 fev. 2011.

ALAGOAS. **Lei nº 5.854, de 14 de outubro de 1996.** Dispõe sobre a política florestal no Estado de Alagoas. Disponível em: http://www.ima.al.gov.br/legislacao/leisestaduais/Lei%20n%205.854_96.pdf. Acesso em: 14 mar. 2011.

ALAGOAS. **Lei nº 5.965, de 10 de novembro de 1997**. Dispõe sobre a política estadual de Recursos Hídricos. Institui o Sistema Estadual de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos e dá outras providências. Disponível em: http://www.ima.al.gov.br/legislacao/leis-estaduais/Lei%20nº%205.965_97.pdf. Acesso em: 17 fev. 2011.

ALAGOAS. **Resolução nº 6, de 24 de maio de 2005**. Cria as Regiões Hidrográficas do Estado de Alagoas e dá outras providências.

ALAGOAS. Secretaria Executiva de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Naturais. (SEMARH). **Plano Diretor da Região Hidrográfica do Pratagy**. diagnóstico e prognóstico das demandas hídrica:RAA-2. Maceió, 2005.

ALAGOAS. Secretaria Executiva de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Naturais – SEMARHN **Plano Diretor da Região Hidrográfica do Pratagy**: diagnóstico das disponibilidades hídricas: RAA-1. Maceió: SEMARHN, COHIDRO, Consultoria, Estudos e Projetos, 2005.

ALAGOAS Secretaria de Planejamento. Coordenação de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Núcleo Estadual de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Os recursos hídricos no estado de Alagoas**. Maceió, 1994.

ALAGOAS. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Diretoria de Meteorologia. **Pesquisa de dados**. Disponível em: <http://meteorologia.semarh.al.gov.br/consultas/> Acesso em: maio 2011:

ALMEIDA, A. J. P. **Uso/ocupação em áreas de preservação permanente das bacias hidrográficas na área urbana de Maceió, Alagoas**. . 2011. Trabalho de Conclusão (Bacharelado em Geografia) - Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Maceió, 2011.

ANDRADE, J. de.; SANQUETTA, C. R.; UGAYA, C. Identificação de áreas prioritárias para recuperação da mata ciliar na UHE Salto Caxias. **Espaço Energia**, n. 3, p. 6-13, out. 2005. Disponível em: http://www.espacoenergia.com.br/edicoes/3/ee03_web.pdf. Acesso em: jun. 2011.

ANGIER, J. T.; McCARTY, G. W.; PRESTEGAARD, K. L. Hydrology of a first-order riparian zone and stream, mid-Atlantic coastal plain, Maryland. **Journal of Hydrology**, v. 309, p. 149-166. 2005. Disponível em: <http://naldc.nal.usda.gov/download/20419/PDF>. Acesso em 21 jun.2011.

ARAÚJO, S. M. V. G. **As áreas de preservação permanente e a questão urbana**., DF, Câmara dos Deputados, 2002. Disponível em: http://www.mpba.mp.br/atuacao/ceama/material/doutrinas/arborizacao/app_are_urbana.pdf. Acesso maio 2011.

BALBINOT, R. et al.. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. **Ambiência: Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava,v. 4, n. 1 jan./abr. 2008. Disponível em: <http://redeacqua.com.br/wp-content/uploads/2011/09/PAPEL-DA-FLORESTA.pdf>. Acesso em: jun. 2011.

BALLESTER, M. V. R. et al. A remote sensing/GIS-based physical template to understand the biogeochemistry of the Ji-Paraná river basin (Western Amazônia). **Remote Sensing of Environment**, v. 87, p. 429-445, 2003. Disponível em: <http://lba.cptec.inpe.br/lba/eng/docs/publications/science/Ballester.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2011.

BARTRAN, J.; BALLANCE, R. (Ed.). **Quality studies and monitoring programmes. United Nations Environment Programme and the World Health Organization.** London: UNEP/WHO, 1996. Disponível em: http://www.who.int/water_sanitation_health/resources/wqmonitor/en/. Acesso em: jul. 2011.

BORGES, M. J. et al. Reflorestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo da bacia hidrográfica do Córrego Palmital, Jaboticabal, SP. **Scientia Forestalis**, v.69, n.9, p. 93-103, dez .2005.

BRASIL. **Decreto 23.793, de 23 de janeiro de 1934.** Aprova o código florestal que com este baixa. Revogado pela Lei 4.771, de 1965. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/D23793.htm. Acesso em: 25 fev. 2011.

BRASIL. **Decreto 750, de 10 de fevereiro de 1993.** Dispõe sobre o corte, a exploração e a supressão de vegetação primária ou nos estágios avançado e médio de regeneração da Mata Atlântica, e dá outras providências. Revogado pelo Decreto n. 6.660 de 2008. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/d750.htm. Acesso em: 14 fev. 2011.

BRASIL. **Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965.** Institui o Novo Código Florestal. Revogada pela Lei n. 12.651, de 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm. Acesso em: 24 fev. 2011.

BRASIL. **Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979.** Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. Disponível em: http://sider.der.df.gov.br/modelostermos/Leis/Lei_federal_6766.pdf. Acesso em: 1 fev. 2011.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/federal/leis/1981_Lei_Fed_6938.pdf. Acesso em 17 fev. 2011.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/blei19979433.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2011.

BRASIL. **Lei nº 9.785, de 29 de janeiro de 1999.** Altera o Decreto-Lei nº 3.365, de 21 de junho de 1941 (desapropriação por utilidade pública) e as Leis nº 6015, de 31 de dezembro de 1.973 (registros públicos) e 6.766, de 9 de dezembro de 1979 (parcelamento do solo urbano). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9785.htm. Acesso em: 2 mar. 2011.

BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de junho de 2001. [Estatuto das cidades].** Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal de 1988 e estabelece as diretrizes gerais de política urbana. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm. Acesso 2 maio 2011.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 20 jun. 2012.

BRASIL. **Medida Provisória 2.166-67 de 24 de agosto de 2001.** Altera os artigos 1º, 4º, 14, 16 e 44 e acresce os dispositivos à Lei Nº. 4.771 de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal e altera o art. 10 da Lei Nº. 9.393 de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o imposto sobre a propriedade territorial rural – ITR, e dá outras providências. Revogada pela Lei n. 12.651 de 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/mpv/2166-67.htm Acesso em: 26 ago. 2012.

BRASIL. Ministério do Interior. **Portaria Nº. 13, de 15 de janeiro de 1976.** Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água. Disponível em: http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=Portaria++No.+13%2C+de+15+de+janeiro+de+1976+do+Ministerio+do+Interior+&source=web&cd=2&ved=0CDMQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.ipef.br%2Flegislacao%2Fbdlegislacao%2Farquivos%2F272.rtf&ei=8VnxUYHrloPu9AS_z4GoCQ&usq=AFQjCNGWW1HWNssA1Y0uWpBX0GImQM63A. Acesso em: 22 mar. 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011.** Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: http://bvsm.sau.gov.br/bvs/saudeflegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em: 12 fev. 2012.

BROWN, L. R., FLAVIN, C. A new economy for a new century. In: State of the world 1999 – a Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society. In L. Starke (Org). W. W. Norton e Company – New York, London. World Wach Institute. New York, 1999.

BUENO, L. F.; GALBIATTI J. A.; BORGES, M. J. Monitoramento de variáveis de qualidade da água do Horto Ouro Verde - Conchal – SP. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.742-748, set./dez. 2005.

CABRAL, S. L. **Avaliação dos Processos Sedimentológicos na Bacia do Rio Jacarecica, em Maceió-AL.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2011.

CAPRA, F. Educação: alfabetização ecológica: o desafio para a educação do século 21. In: TRIGUERO, C. de A. (Org.). **Meio Ambiente no Século 21: 21 especialistas falam da questão ambiental na sua área de conhecimento.** Rio de Janeiro: Autores Associados, 2003.

CARVALHO, P. F. de; FRANCISCO, J. **A função das áreas de preservação permanente nas cidades.** In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2003, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2003. 1 CD-ROM.

CHECCHIA, T. Influência da zona ripária sobre os recursos hídricos: Aspectos quantitativos e qualitativos: Zonas Ripárias. In: SEMINÁRIO DE HIDROLOGIA FLORESTAL, 1., Florianópolis, 2003. **Anais...** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, 2003.

CHUQUIPIONDO, I. G. V. **Avaliação da estimativa do potencial de erodibilidade de solos nas margens de cursos de água:** estudo de caso trecho de vazão reduzida Capim Branco I Araguari Minas Gerais. 2007. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/265M.PDF>. Acesso em 14 abr. 2011.

CENTRO DE DISSEMINAÇÃO DE INFORMAÇÕES PARA A GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS. **O que é uma bacia hidrográfica?** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. [200-?]. Acesso em julho de 2012 em: <http://www.caminhodasaguas.ufsc.br/perguntas-frequentes-2>

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo.** São Paulo, 2012. (Série Relatórios. Apêndice C.). Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>>. Acesso em 1.out.2012.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO ESTADO DE ALAGOAS. **Capital – mananciais.** 2012a. Disponível em: <<http://www.casal.al.gov.br/capital/>> Acesso em: abr. 2012.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO ESTADO DE ALAGOAS. **Esgoto sanitário.** 2012b. Disponível em: <<http://www.casal.al.gov.br/esgotamento-sanitário/>> Acesso em julho de 2012.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO CONAMA nº 10, de 1 de outubro de 1993.** Estabelece os parâmetros básicos para análise dos estágios de sucessão de Mata Atlântica. Alterada pela Resolução CONAMA n. 11 de 1993. Disponível em:

http://www.mma.gov.br/estruturas/202/arquivos/conama_res_cons_1993_010_estgjos_sucesionais_de_florestas_geral_202.pdf. Acesso em: 11 fev. 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 28, de 7 de dezembro de 1994**. Define vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica, a fim de orientar os procedimentos de licenciamento de atividades florestais no Alagoas. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/202/arquivos/conama_res_cons_1994_028_estgjos_sucesionais_de_florestas_al_202.pdf. Acesso em: 12 mar. 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO CONAMA nº 3, de 18 de abril de 1996**. *Defi NE* vegetação remanescente de Mata Atlântica, com vistas à aplicação de Decreto no. 750, de 10 de fevereiro de 1993. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/202/arquivos/conama_res_cons_1996_003_vegetao_remanescente_de_mata_atlantica_202.pdf. Acesso em: 15 fev. 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997**. Dispõe sobre licenciamento ambiental. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>. Acesso em: 14 abr. 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000**. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/Resolu%C3%A7%C3%A3o_Conama_274_Balneabilidade.pdf. Acesso em: 17 mar. 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 302, de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html>. Acesso em: março, 2010.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>. Acesso em: 22 mar.2010.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 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. Alterada pela Resolução 410/2009 e 430/2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 20 mar, 2012.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 369, de 28 de março de 2006**. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou

supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP. Disponível em: http://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/federal/resolucoes/2006_Res_CONAMA_369.pdf. Acesso em 11 fev. 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Disponível em; <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 30 jul. 2011.

COOK, M. G. Soil and water quality. **Water Quality and waste management**. North Carolina: Cooperative Extension Service, 1996. (AG 439-1. March).

CORREL, D. L.; JORDAN, T. E. Nutrient flux in a landscape: effects of coastal land use and terrestrial community mosaic on nutrient transport to coastal waters. **Estuaries**, v. 15, n. 4, p. 431-442, 1992.

DONADIO N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; de PAULA, R. O. Qualidade da Água de Nascentes com diferentes usos do solo na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico. São Paulo. Brasil. **Eng. Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 115-125, jan.-abr. 2005.

DUDLEY, N.; STOLTON, S. (Ed.). **Running pure**: the importance of forest protected areas to drinking water: a research report for the World Bank / WWF Alliance for Forest Conservation and Sustainable Use. [S.I.]: WWF International, 2003. Disponível em <http://siteresources.worldbank.org/INTBIODIVERSITY/Resources/RunningPure2003+.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2011.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência; FINEP, 1988. 545p.

FERREIRA, M. C.; AZEVEDO, T. S. de; Influência da resolução espacial na estimativa da dimensão fractal de fragmentos de matas ciliares. In: SBSR, 11, Belo Horizonte. **Anais...** Brasília, DF, INPE, 2003.. p. 2721-2727.

FRAGOSO JÚNIOR, C. R.; BUARQUE, D. C.; SOUZA, R. C. **Desenvolvimento de um modelo computacional para cálculo de parâmetros hidráulicos de um curso d'água**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15., 2003, Curitiba. **Anais...** 2003.

FRANCISCO, J.; CARVALHO, P. F. A função social da área de preservação permanente na cidade. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 3, 2003. Grupo De Pesquisa, Análise E Planejamento Territorial (GPAPT). **[Anais...]** 2003.

GILLIAN, J. W. Riparian wetlands and water quality. **Journal of Environmental Quality**, v. 3, n. 5, p.896-900, 1994.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHMSTAD, M. A. M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters**. 2. ed. Oxford: Blackwell Scientific, 1978. 213p. (I.B.P. Handbook 8)

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Características da população**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/ibgeteen/pesquisas/demograficas.html>> Acesso em: 18 fev. 2011.

INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE. (Maceió) **Diagnóstico Físico-Conservacionista da Bacia Hidrográfica do Rio Pratagy – AL**. Maceió: Projeto IMA GTZ ,1993.

KLAPPROTH, J. C.; JOHNSON, J. E. **Understanding the science behind riparian forest buffers**. Virginia: Produced by Communications and Marketing, College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University, 2009.

KOBIYAMA, M. Conceitos de zona ripária e seus aspectos geobiohidrológicos: Zonas Ripárias. In: SEMINÁRIO DE HIDROLOGIA FLORESTAL, 1., 2003, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, 2003.

LIMA, E. B. N. R. **Modelagem integrada para gestão da qualidade da água na Bacia do Rio Cuiabá**. 2001. 184 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.

LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Departamento de Ciências Florestais, 2008. 253p.

LINS, P. **Censo 2010 do IBGE mostra população de Alagoas "espremida" em cidades**. 2011. Disponível em: <<http://tudonahora.uol.com.br/noticia/maceio/2011/04/29/139153/censo-2010-do-ibge-mostra-populacao-de-alagoas-espremida-em-cidades>>. Acesso em: 29 nov. 2012.

LINS, R. C. **Simulação Quali-quantitativa da Bacia do Rio Jacarecica**. 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de Alagoas, Centro de Tecnologia, Maceió, 2005. 59 p.

LOWRANCE, R.; VELLIDIS, G.; HUBBARD, R. K. Denitrification in a restored riparian forest wetland. **Journal of Environmental Quality**, v.. 24, n. 5. p. 808-815, 1995.

MACHADO, M. L. et al. Levantamento sistemático dos fatores da equação universal de perdas de solos (USLE) para o delineamento de áreas com potencial erosivo da bacia PN1 – IGAM, Minas Gerais (resultados parciais). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Brasília, DF: INPE, 2009. p. 7733-7739.

MADGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; PARKER, J. **Brock biology of microorganisms**. 8th ed. New Jersey: Prentice Hall, 1997. 986p.

MACKERETH, F.J.H.;HERON, J.; TALLING, J.F. **Water analysis**: some revised methods for limnologists. Michigan: Freshwater Biological Association, 1978.117p.

MEDRI, W. et al. Amostragem probabilística no controle da qualidade da água para o consumo humano. **Semina: Ciências exatas e tecnológicas**, Londrina, v.33 n. 1, p. 49-56, 2012.

MENEZES, A. F. de (Coord.). **Cobertura Vegetal do Estado de Alagoas e Mangues de Alagoas**. Maceió: Instituto de Meio Ambiente do estado de Alagoas; PETROBRÁS, 2010.

MOURA, F. de B. P. (Org.). **A mata atlântica em Alagoas**. Maceió: EDUFAL, 2006. 88p. : il. (Conversando sobre ciências em Alagoas).

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J de A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, Serviço Geológico do Brasil, 2007.

NASCIMENTO, C. E. de S. **A importância das matas ciliares do rio São Francisco. Embrapa Semi-Árido**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001. 26 p. (Embrapa Semi-Árido. Documentos; 179).

NUNES, A. P. **Análise do potencial de impacto no meio ambiente como ferramenta para educação e proteção ambiental em pesqueiros**. 2009. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura,, Jaboticabal, 2009

PÁDUA, J. A. **A ocupação do território brasileiro e a conservação dos recursos naturais**. In: MILANO, M.; TAKAHASHI, L.; NUNES, M. (Org.).**Unidades de Conservação**: atualidades e tendências. Curitiba: Fundação O Boticário, 2004.

PALMIER, L. R. A necessidade das bacias experimentais para a avaliação de eficiência de técnicas alternativas de captação de água na região Semi-árida do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 3., 2001, Petrolina, PE. **Anais...** Petrolina. PE: Embrapa, 2001.

PASTILHA, A.; CASACA, J.; LOUREIRO, P. **Terra em transformação**. 2009. Disponível em: <<http://terratransformacao.blogspot.com/2009/09/constituicao-dos-solos.html>>. Acesso em: 17 jan. 2013:

PEPLAU, G. R. **Influência da variação da urbanização nas vazões de drenagem na bacia do Rio Jacarecica em Maceió-AL**. 2005. 144 f. Dissertação (Mestrado em Recurso Hídricos e Saneamento) - Universidade Federal de Pernambuco. CGT. Engenharia Civil. Recife, 2005.

PÉREZ, D. V. **Química na agricultura**. Sala de Leitura. Portal do Projeto Com-Digital PUC-Rio, 2010. Disponível em: <<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/br/legalcode>>. Acesso em: 16 jan. 2013.

PETERJOHN, W. T.; CORRELL, D. L. Nutrient dynamics in an agricultural watershed: observations on the role of a riparian forest. **Ecology**, v. 65, p.1466-1475, 1984.

PETERS, N. E.; MEYBECK, M. Water quality degradation effects on freshwater availability: impacts to human activities. **Water International**. v. 25, n. 2, 2000. p. 214-221.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos**. São Paulo: ABES. 2005.

PRADO, T. B. G.; MORAES, J. F. L.; ADAMI, S. F. Evolução do uso das terras e produção de sedimentos na bacia hidrográfica do Rio Jundiá-Mirim. **Acta Scientiarum**, v. 1, p. 1-10, 2006.

PRIMAVESI, A. **A agricultura em regiões tropicais: o manejo ecológico do solo**. 3. ed. São Paulo: Nobel, 1981.

REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2002.

REIS, L. V. S. **Cobertura florestal e custo do tratamento de águas em bacias hidrográficas de abastecimento público**: caso do manancial do município de Piracicaba. 2004. 215 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2004.

RIBAS, C. R. **História da política florestal brasileira**: do período colonial até o século XXI. Botucatu: UNESP, 2006. (Material de aula oferecido ao 2o e 3o ano do curso de graduação em Engenharia Florestal na disciplina de Economia e Política Florestal. Departamento de Gestão e Tecnologia Industrial. Faculdade de Ciências Agrônômicas. Universidade Estadual Paulista – UNESP).

RIBEIRO, D. O.; VILELA, L. A. F. **Agropecuária curso à distância**. Mineiros, 2007. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAARwwAK/nutrientes-solo>>. Acesso em: 14 out. 2011.

RIBEIRO, W.C. **Geografia política da água**. São Paulo: Annablume, 2008. 162p. (Coleção Cidadania e Meio Ambiente.)

RIZZI, N. E. **Alteração do Código Florestal**: conceitos de hidrologia e manejo de bacias hidrográficas:(uma discussão necessária): influência das florestas nos hidrogramas de vazão. Disponível em: <<http://www.hidrologia.ufpr.br>>. Acesso em: 23 dez. 2011.

SELBORNE, L. **A ética do uso da água doce**. Brasília: UNESCO, 2001. 80p.

SILVA, A. G. L. **Uso e ocupação do solo na bacia do Jacarecica considerando aspectos legais**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2011.

SILVA, J. A. A. et al. **O código florestal e a ciência: contribuições para o diálogo.** São Paulo: SBPC; ABC, 2011. 124p.

SILVA, R. V. Estimativa de largura de faixa vegetativa para zonas ripárias: uma revisão. In: SEMINÁRIO DE HIDROLOGIA FLORESTAL, 1, 2003. Florianópolis: **Anais...** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, 2003.

SOUZA, J. C. S. et al. Potenciais impactos causados por obras civis em aquíferos costeiros: estudo de caso. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE SUBTERRÂNEO, 1., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n]. 2009.

STANDARD methods for the examination of water and waste water. Prepared and published jointly by American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation; joint editorial board, Lenore S. Clesceri, Arnold E. Greenberg, R. Rhodes Trussell; Mary Ann H. Franson, managing editor. 20th ed. Washington: APHA, 1998.

TUCCI, C. E. M. **Curso de avaliação integral da bacia.** Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental, 2006.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: UFRGS; ABRH, 1997. 946p.

VENTURIERI, A. et al. Utilização de imagens Landsat e CBERS na avaliação da mudança de uso e cobertura da terra e seus reflexos na qualidade da água em microbacia hidrográfica do município de Paragominas, Pará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 1127-1134.

VERDUGO, V. C. **Determinantes psicológicos e situacionais do comportamento de conservação de água: um modelo estrutural.** México:Universidad de Sonora, 2003. p. 245-252. (Estudos de Psicologia).

VIBRANS, A. C. A recuperação da cobertura florestal numa sub-bacia do rio Itajaí em Santa Catarina entre 1956 e 2000. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE SOLOS, 11. 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 611-618.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3.ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais , Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Recommendations. In: _____. **Guidelines for drinking-water quality.** 2nd ed. Geneva, 1993. v. 1. Disponível em: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/gdwq2v1/en/index.html. Acesso em: 27 fev. 2011.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Microbiological aspects. In: _____. **Guidelines for drinking-water quality.** 2nd ed. Geneva, 1993. Disponível em:

http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/2edvol1b.pdf Acesso em: 28 frv. 2011.

YOUNG, R. A.; HUNTRODS, T.; ANDERSON, W. Effectiveness of vegetated buffer strips in controlling pollution from feedlot runoff. **Journal Environmental Quality**, v. 9, n. 3, p.483-487, 1980. Disponível em: <http://www.pcwp.tamu.edu/docs/lshs/end-notes/effectiveness%20of%20vegetated%20buffer%20strips%20in%20controlling-1279439115/effectiveness%20of%20vegetated%20buffer%20strips%20in%20controlling%20pollution%20from%20feedlot%20runoff.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2011.

APÊNDICE

APÊNDICE A

DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA NO RIO JACARECICA, NO PERÍODO DE 28/05/2010 A 23/11/2010 (Continua)

TEMPERATURA DA ÁGUA (o C)		Período chuvoso						Período seco						
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	06/07/10	28/07/10	18/08/10	02/09/10	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10	10/11/10	23/11/10
Manhã	P1	26.1	25.0	24.7	23.9	25.0	25.0	22.0	22.0	24.0	24.0	24.5	26.0	25.0
	P2	25.0	25.2	24.8	24.0	24.8	24.8	24.5	23.0	25.0	23.0	24.0	25.5	25.5
	P3	26.0	25.2	25.0	24.5	24.8	25.0	24.5	24.0	25.0	24.0	24.5	25.0	25.5
	P4	25.7	25.5	24.9	24.6	24.9	25.0	24.5	24.5	25.0	24.0	24.0	25.5	25.5
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	06/07/10	28/07/10	18/08/10	02/09/10	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10	10/11/10	23/11/10
Tarde	P1	29.8	26.2	27.4	27.1	26.8	23.0	27.5	24.2	29.5	27.5	28.0	30.0	32.0
	P2	29.0	26.5	28.3	26.9	27.6	23.5	27.5	25.5	29.0	27.0	29.0	28.5	31.5
	P3	29.0	26.4	28.6	27.3	28.1	25.5	27.0	26.0	28.5	27.0	29.0	28.0	31.0
	P4	28.7	26.3	28.3	27.4	28.2	26.0	27.5	26.5	28.0	27.0	28.0	28.5	29.0

COR (uC)		Período chuvoso						Período seco						
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	06/07/10	28/07/10	18/08/10	02/09/10	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10	10/11/10	23/11/10
Manhã	P1	68	35	494	287	276	174	296	86	102	78	158	144	144
	P2	82	35	427	254	220	170	261	133	97	78	123	153	110
	P3	69	36	398	245	237	158	238	105	128	66	121	146	107
	P4	67	36	393	242	212	142	218	90	149	84	123	126	106
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	06/07/10	28/07/10	18/08/10	02/09/10	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10	10/11/10	23/11/10
Tarde	P1	74	37	1676	339	233	145	203	71	196	109	1599	117	91
	P2	58	37	434	343	248	136	225	83	179	95	723	117	87
	P3	65	36	445	380	366	125	207	76	217	91	450	154	89
	P4	65	37	415	335	256	137	225	87	198	100	501	124	78

TURBIDEZ (UNT)		Período Chuvoso						Período seco						
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	06/07/10	28/07/10	18/08/10	02/09/10	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10	10/11/10	23/11/10
Manhã	P1	26	176	574	236	214	119	251	57	52	44	196	85	94
	P2	28	177	461	175	143	112	223	57	52	36	176	80	93
	P3	28	178	370	168	197	104	168	64	73	31	173	76	60
	P4	28	178	371	166	171	86	138	55	88	42	163	54	56
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	06/07/10	28/07/10	18/08/10	02/09/10	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10	10/11/10	23/11/10
Tarde	P1	37	183	1225	308	175	99	129	42	154	51	1825	62	48
	P2	28	183	408	279	184	85	194	47	109	40	680	61	42
	P3	29	182	405	336	329	70	129	43	144	42	379	92	42
	P4	29	183	362	287	174	77	149	48	146	55	409	59	69

DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA NO RIO JACARECICA, NO PERÍODO DE 28/05/2010 A 23/11/2010
(Continuação)

SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (mL/L)		Período chuvoso						Período seco						
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	06/07/10	28/07/10	18/08/10	02/09/10	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10	10/11/10	23/11/10
Manhã	P1	0.2	2.0	1.0	1.3	0.4	0.5	0.5	0.8	0.3	2.5	0.5	1.0	1.1
	P2	0.4	2.5	0.7	0.2	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	1.2	0.8
	P3	0.9	1.1	0.5	0.5	0.5	1.2	0.9	0.7	0.3	0.5	0.5	1.1	1.1
	P4	0.3	2.0	0.6	0.5	0.8	1.7	0.7	0.8	0.9	0.8	0.4	0.8	0.7
Tarde	P1	0.5	7.5	3.1	0.6	0.3	0.8	0.9	0.5	0.4	0.6	8.0	0.9	0.4
	P2	0.3	10.9	0.4	0.4	0.9	1.4	0.7	0.6	1.1	0.5	1.9	0.8	0.8
	P3	0.6	1.0	0.5	0.5	0.6	0.9	0.8	0.9	1.8	0.4	2.1	1.1	0.4
	P4	0.3	1.5	0.5	0.6	0.7	0.9	0.5	0.7	0.8	0.7	3.5	1.2	0.5

STD (mg/L)		Período chuvoso						Período seco						
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	06/07/10	28/07/10	18/08/10	02/09/10	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10	10/11/10	23/11/10
Manhã	P1	224	286	62	232	240	118	426	156	366	158	114	292	210
	P2	234	140	160	194	158	111	369	221	342	106	130	142	200
	P3	210	246	162	254	336	158	465	270	342	106	96	180	132
	P4	212	188	174	180	414	131	580	211	271	84	60	194	166
Tarde	P1	132	134	170	220	286	132	458	354	176	200	296	172	196
	P2	156	328	178	282	256	131	527	451	253	172	156	1334	186
	P3	164	140	150	236	190	158	468	560	309	96	584	174	146
	P4	200	272	164	186	188	98	471	430	275	30	174	166	142

CONDUTIVIDADE (mS/cm2)		Período chuvoso						Período seco						
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	06/07/10	28/07/10	18/08/10	02/09/10	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10	10/11/10	23/11/10
Manhã	P1	0.161	0.116	0.162	0.147	0.208	0.234	0.214	0.254	0.240	0.262	0.258	0.263	0.188
	P2	0.144	0.108	0.114	0.114	0.188	0.206	0.187	0.218	0.181	0.211	0.208	0.207	0.138
	P3	0.143	0.109	0.117	0.119	0.203	0.407	0.188	0.211	0.173	0.182	0.205	0.211	0.138
	P4	0.156	0.101	0.119	0.115	0.283	0.222	0.187	0.212	0.163	0.192	0.201	0.200	0.151
Tarde	P1	0.154	0.144	0.142	0.150	0.247	0.256	0.202	0.296	0.282	0.404	0.264	0.282	0.217
	P2	0.118	0.134	0.138	0.134	0.239	0.238	0.211	0.228	0.218	0.266	0.249	0.209	0.151
	P3	0.134	0.137	0.142	0.119	0.245	0.224	0.205	0.238	0.230	0.222	0.224	0.233	0.153
	P4	0.151	0.131	0.135	0.115	0.235	0.216	0.226	0.229	0.218	0.208	0.184	0.198	0.153

DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA NO RIO JACARECICA, NO PERÍODO DE 28/05/2010 A 23/11/2010
(Continuação)

pH		Período chuvoso						Período seco						
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	06/07/10	28/07/10	18/08/10	02/09/10	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10	10/11/10	23/11/10
Manhã	P1	6.85	7.05	6.76	6.83	7.20	7.82	7.14	7.75	7.77	7.19	7.36	7.28	7.28
	P2	6.78	7.09	6.99	6.91	7.11	7.69	7.13	7.87	7.38	7.05	7.40	6.88	6.75
	P3	6.69	7.13	7.21	7.03	7.17	7.46	7.02	7.60	7.00	6.97	7.27	6.97	6.74
	P4	6.76	7.13	7.25	6.91	7.12	7.78	7.47	7.30	7.65	6.99	7.08	6.84	6.65
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	06/07/10	28/07/10	18/08/10	02/09/10	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10	10/11/10	23/11/10
Tarde	P1	6.91	7.32	7.30	7.20	7.25	7.92	7.45	8.02	8.08	7.18	7.30	7.18	7.17
	P2	6.97	7.31	7.33	7.22	7.15	7.88	7.48	7.91	7.92	6.88	6.95	6.76	6.63
	P3	7.04	7.29	7.40	7.18	7.15	7.90	7.60	7.99	7.90	6.95	7.04	6.70	6.84
	P4	7.06	7.31	7.35	7.01	7.18	7.71	7.61	7.80	7.92	8.43	7.03	6.65	6.69

N-AMONIACAL (mg/L)		Período chuvoso						Período seco						
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	06/07/10	28/07/10	18/08/10	02/09/10	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10	10/11/10	23/11/10
Manhã	P1	3.95	2.63	11.84	5.26	0.84	1.68	2.80	0.35	1.40	4.20	2.80	4.20	1.40
	P2	2.63	3.95	3.95	2.63	0.84	1.68	2.80	9.98	2.63	4.90	1.40	2.80	1.40
	P3	3.95	2.63	5.26	5.26	1.12	1.40	2.80	0.53	0.70	2.80	1.40	2.80	2.80
	P4	2.63	2.63	5.26	2.63	0.84	1.26	2.80	0.88	0.53	3.50	2.80	2.80	2.80
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	06/07/10	28/07/10	18/08/10	02/09/10	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10	10/11/10	23/11/10
Tarde	P1	5.26	1.32	2.63	3.95	1.12	1.40	2.80	1.05	0.70	5.60	2.80	4.20	1.40
	P2	5.26	2.63	1.32	3.95	0.84	1.82	2.80	1.05	0.53	4.90	4.20	2.80	1.40
	P3	2.63	1.32	1.32	3.95	1.12	1.68	4.20	1.05	0.53	4.90	1.40	1.40	1.40
	P4	3.95	1.32	1.32	2.63	1.40	1.40	2.80	0.35	0.53	2.80	2.80	2.80	1.40

NITRITO (mg/L)		Período chuvoso						Período seco						
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	06/07/10	28/07/10	18/08/10	02/09/10	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10	10/11/10	23/11/10
Manhã	P1	0.081	0.036	0.051	0.061	0.051	0.050	0.077	0.081	0.107	0.010	0.057	0.061	0.052
	P2	0.098	0.059	0.066	0.066	0.081	0.100	0.129	0.139	0.221	0.028	0.108	0.068	0.081
	P3	0.099	0.063	0.080	0.042	0.092	0.100	0.143	0.155	0.221	0.018	0.113	0.068	0.087
	P4	0.093	0.054	0.081	0.076	0.081	0.156	0.149	0.154	0.195	0.016	0.106	0.060	0.082
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	06/07/10	28/07/10	18/08/10	02/09/10	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10	10/11/10	23/11/10
Tarde	P1	0.115	0.030	0.056	0.061	0.061	0.158	0.171	0.118	0.746	0.007	0.105	0.080	0.062
	P2	0.115	0.047	0.074	0.076	0.011	0.156	0.148	0.198	0.150	0.022	0.146	0.077	0.090
	P3	0.121	0.065	0.082	0.081	0.096	0.129	0.164	0.216	0.135	0.020	0.124	0.066	0.094
	P4	0.116	0.068	0.086	0.075	0.114	0.142	0.125	0.206	0.153	0.021	0.128	0.069	0.093

DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA NO RIO JACARECICA, NO PERÍODO DE 28/05/2010 A 23/11/2010
(Continuação)

NITRATO (mg/L)		Período chuvoso						Período seco						
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	06/07/10	28/07/10	18/08/10	02/09/10	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10	10/11/10	23/11/10
Manhã	P1	2.288	1.357	1.042	1.916	1.607	0.069	1.995	1.080	2.770	0.131	2.019	1.822	1.217
	P2	2.573	1.819	1.722	1.966	1.871	0.235	2.010	1.632	3.050	0.320	2.064	1.559	2.495
	P3	3.189	1.723	1.241	0.796	1.987	0.347	2.371	1.614	3.086	0.237	2.061	1.514	2.493
	P4	1.909	1.720	1.591	1.878	2.415	0.263	2.156	2.073	3.000	0.079	2.180	1.675	3.098
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	06/07/10	28/07/10	18/08/10	02/09/10	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10	10/11/10	23/11/10
Tarde	P1	2.330	1.057	1.093	1.626	1.768	0.257	2.889	1.665	2.431	0.237	1.689	2.130	3.342
	P2	1.950	1.631	1.998	1.191	1.766	0.241	2.274	1.857	2.246	0.079	2.132	1.948	2.744
	P3	1.950	1.427	1.370	1.243	2.225	0.239	2.251	1.741	2.112	0.237	1.836	1.371	2.818
	P4	1.950	1.458	1.642	1.602	2.277	0.218	2.405	1.531	2.666	0.311	2.047	1.696	2.834

FOSFORO TOTAL (mg/L)		Período chuvoso						Período seco						
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	06/07/10	28/07/10	18/08/10	02/09/10	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10	10/11/10	23/11/10
Manhã	P1	ND	0.352	0.031	0.044	0.030	ND	ND	ND	ND	0.187	ND	ND	ND
	P2	ND	0.345	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	P3	ND	0.423	ND	ND	ND	0.357	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	P4	ND	0.423	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	06/07/10	28/07/10	18/08/10	02/09/10	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10	10/11/10	23/11/10
Tarde	P1	0.160	1.317	0.485	ND	0.485	ND	ND	ND	ND	ND	0.846	ND	ND
	P2	ND	0.255	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.437	ND	ND
	P3	ND	0.317	ND	ND	ND	0.687	ND	ND	0.104	ND	ND	ND	ND
	P4	ND	0.447	ND	0.034	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.106	ND	ND

FERRO (mg/L)		Período chuvoso						Período seco						
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	06/07/10	28/07/10	18/08/10	02/09/10	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10	10/11/10	23/11/10
Manhã	P1	ND	2.661	0.334	0.917	0.470	1.533	ND	1.252	1.910	0.233	ND	0.742	0.892
	P2	ND	2.601	0.453	1.383	1.949	1.449	ND	1.770	1.862	0.663	0.382	2.191	2.007
	P3	ND	2.520	0.703	1.357	1.277	1.129	ND	1.717	2.410	0.562	0.558	0.936	1.489
	P4	ND	2.507	0.589	1.475	0.562	1.159	ND	1.458	2.459	0.874	0.918	0.321	1.071
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	06/07/10	28/07/10	18/08/10	02/09/10	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10	10/11/10	23/11/10
Tarde	P1	ND	2.955	0.242	0.835	1.375	1.497	ND	1.260	1.287	1.805	0.532	1.427	0.865
	P2	ND	2.147	1.107	1.594	1.769	0.703	ND	1.388	2.165	0.154	0.242	0.778	0.795
	P3	ND	2.341	0.795	1.475	1.370	0.782	ND	1.765	2.046	0.224	1.260	0.233	1.234
	P4	ND	2.248	0.883	1.436	2.046	1.339	ND	0.756	2.309	0.672	1.023	0.646	0.611

DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA NO RIO JACARECICA, NO PERÍODO DE 28/05/2010 A 23/11/2010
(Continuação)

OD (mg/L)		Período chuvoso						Período seco						
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	06/07/10	28/07/10	18/08/10	02/09/10	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10	10/11/10	23/11/10
Manhã	P1	5.7	7.8	6.5	6.4	6.5	4.4	4.3	6.1	6.6	5.2	3.8	4.5	3.9
	P2	6.1	7.2	5.4	6.9	5.8	4.4	4.3	4.2	4.9	4.6	4.0	3.8	3.5
	P3	8.3	6.6	4.9	6.1	5.6	4.2	4.1	5.2	4.2	5.1	4.1	3.0	3.5
	P4	6.6	5.3	4.1	5.6	5.3	4.4	4.3	4.4	4.2	5.2	3.9	3.8	4.9
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	06/07/10	28/07/10	18/08/10	02/09/10	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10	10/11/10	23/11/10
Tarde	P1	6.3	5.9	2.6	1.7	5.6	4.4	4.3	5.1	4.9	4.6	3.1	3.2	4.6
	P2	6.8	6.1	2.9	3.3	5.8	4.6	4.5	3.7	4.1	3.6	3.2	2.8	3.4
	P3	6.0	6.5	3.2	4.2	6.5	4.5	4.4	3.4	3.8	3.2	3.2	2.8	3.6
	P4	5.1	6.9	4.3	4.1	5.8	4.6	4.5	4.6	3.6	3.3	3.3	2.7	3.8

DBO (mg/L)		Período chuvoso					Período seco				
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	6/7/2010	28/07/10	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10	23/11/10
Manhã	P1	1.2	4.9	3.8	4.2	1.8	8.4	8.7	9.1	6.5	8.9
	P2	4.8	4.8	3.3	4.1	2.0	8.4	8.8	9.0	5.5	8.9
	P3	3.8	4.0	1.0	4.0	2.0	8.5	8.6	9.2	5.3	8.9
	P4	2.0	3.2	2.2	2.1	1.9	8.1	9.0	9.9	5.1	8.1
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	6/7/2010	28/07/10	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10	23/11/10
Tarde	P1	5.4	5.0	4.2	4.1	5.1	8.9	8.8	10.1	5.6	10.0
	P2	4.8	5.4	3.2	4.5	2.9	6.4	9.2	9.8	3.9	9.7
	P3	3.9	5.0	3.6	4.1	5.2	7.5	9.2	9.8	3.7	9.7
	P4	2.0	3.2	3.1	2.5	3.4	7.6	8.0	9.8	5.5	9.7

DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA NO RIO JACARECICA, NO PERÍODO DE 28/05/2010 A 23/11/2010
(Conclusão)

COLIFORMES TOTAIS NMP/100mL		Período chuvoso						Período seco				
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	06/07/10	28/07/10	18/08/10	02/09/10	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10
Manhã	P1	20000	198900	866400	8164000	1112000	3255000	1379000	24196000	1464000	1793000	1408000
	P2	41000	387300	410600	4352000	432000	2251000	1983500	12033000	1523000	1355000	1355000
	P3	20000	547500	1203300	5172000	487000	2363000	1652500	4884000	1408000	1408000	1112000
	P4	10000	579400	40400	2359000	583000	1803000	147600	5172000	1585000	1408000	866400
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	6/7/2010	28/07/10	18/08/10	2/9/2010	14/09/10	21/09/10	14/10/10	26/10/10
Tarde	P1	1464000	32400	4352000	7270000	1483000	2613000	2755000	4884000	3255000	1650000	1523000
	P2	327000	28500	2064000	2603000	426000	1617500	1554000	6867000	2481000	1464000	1617500
	P3	317000	10000	1723000	2987000	414000	1582500	1617500	2481000	3076000	1408000	1523000
	P4	233000	21400	1137000	1223000	545000	1404500	1465500	3255000	2247000	1355000	1408000

<i>E.coli</i> NMP/100mL		Período chuvoso						Período seco				
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	6/7/2010	28/07/10	18/08/10	2/9/2010	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10
Manhã	P1	10000	13000	34100	142000	10000	86000	73000	10000	41000	63000	10000
	P2	10000	26600	10800	86000	20000	41500	30500	10000	10000	10000	10000
	P3	10000	22300	23800	98000	10000	52000	20000	10000	31000	20000	10000
	P4	10000	22800	20000	31000	10000	63000	15000	10000	10000	10000	10000
		28/05/10	17/06/10	30/06/10	6/7/2010	28/07/10	18/08/10	2/9/2010	14/09/10	20/09/10	14/10/10	26/10/10
Tarde	P1	246000	32400	298000	355000	109000	109000	144000	15000	30000	41000	246000
	P2	20000	28500	63000	75000	52000	52000	41000	272000	41000	10000	20000
	P3	63000	10000	41000	74000	130000	46000	10000	105000	216000	10000	63000
	P4	20000	21400	31000	31000	73000	15000	10000	31000	20000	10000	10000

Fonte: Autora, 2012.