

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

- MESTRADO -

JAKELINY COSTA FALCÃO

**AVALIAÇÃO DA AUTODEPURAÇÃO DO RIO TAMBAY NA
CIDADE DE BAYEUX – PARAÍBA/BRASIL**

João Pessoa
2011

JAKELINY COSTA FALCÃO

**AVALIAÇÃO DA AUTODEPURAÇÃO DO RIO TAMBAY NA
CIDADE DE BAYEUX – PARAÍBA/BRASIL**

Dissertação submetida ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Claudia Coutinho Nóbrega

João Pessoa
2011

F178a Falcão, Jakeliny Costa.
Avaliação da autodepuração do Rio Tambay na
cidade de Bayeux – Paraíba/Brasil / Jakeliny Costa
Falcão.- João Pessoa, 2011.
93f.
Orientadora: Cláudia Coutinho Nóbrega
Dissertação (Mestrado) – UFPB/CT
1. Engenharia Urbana. 2. Autodepuração – Rio
Tambay – Bayeux(PB). 3. Oxigênio dissolvido. 4.
Demanda bioquímica de oxigênio.

JAKELINY COSTA FALCÃO

**AVALIAÇÃO DA AUTODEPURAÇÃO DO RIO TAMBAY NA
CIDADE DE BAYEUX – PARAÍBA/BRASIL**

Dissertação submetida ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Claudia Coutinho Nóbrega – Orientadora – CT/UFPB

Prof^a. Dr^a Carmem Lúcia Moreira Gadelha – Membro – CT/UFPB

Prof^a. Dr^a. Celia Regina Diniz – Membro – UEPB

Dedico

A Deus, pela dádiva da vida, aos meus amados pais pelo que representam pra mim, ao meu esposo pelo amor, carinho e dedicação e a minha amada filha, pois sem o amor dela nada disso seria possível.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me amparar nos momentos difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades, mostrar os caminhos nas horas incertas e me suprir em todas as minhas necessidades.

À minha família, a qual amo muito, pelo carinho, paciência e incentivo. Em especial ao meu esposo David e minha filha Maria Eduarda, por tudo que eles representam pra mim, e por estarem sempre ao meu lado nos momentos mais difíceis.

À minha orientadora e amiga Prof^a. Dr^a. Claudia Coutinho Nóbrega, por acreditar em mim, me mostrar o caminho da preservação do meio ambiente, por sua ajuda nos momentos mais críticos, por confiar no futuro deste projeto e contribuir para o meu crescimento profissional, por ser exemplo de profissional e de mulheres a qual sempre fará parte da minha vida.

Aos amigos de trabalho que fizeram parte desses momentos sempre me ajudando e incentivando. Em particular as minhas amigas Flaviana e Déborah, que estiveram sempre do meu lado dando força e apoio, pelas aventuras das coletas que foram marcantes e inesquecíveis.

Aos técnicos do laboratório de saneamento principalmente a André, que participou das coletas e das análises feitas no laboratório.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo apoio financeiro.

A todos os colegas e professores da pós-graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da UFPB, pelo convívio e aprendizado.

RESUMO

A água é comumente classificada como um recurso natural renovável em quantidade, mas não em qualidade. Tanto a qualidade quanto a quantidade da mesma vão depender da forma que o homem a usa, embora seja sabido que o homem utiliza muito esse recurso de forma inadequada, causando danos muitas vezes irreversíveis. O Rio Tambay está localizado no município de Bayeux, Estado da Paraíba - Brasil, servindo em alguns pontos como limite intermunicipal entre os municípios de Bayeux e Santa Rita, tendo a sua foz localizada na cidade de Bayeux no Rio Paroeiras e a sua nascente no mesmo município, no bairro Alto da Boa Vista. O referido rio tem extensão de aproximadamente 3,51 km da nascente à foz. Este trabalho tem como objetivo geral avaliar o processo de autodepuração do Rio Tambay na cidade de Bayeux – Paraíba/Brasil, utilizando-se como parâmetros de qualidade da água o oxigênio dissolvido (OD) e a demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅). Nas proximidades da nascente existe o Açude Santo Amaro, que há alguns anos teve seu vertedouro rompido e, atualmente, apresentam-se como dois corpos d'água distintos. A poluição das águas origina-se de várias fontes, dentre as quais se destacam os efluentes domésticos, os efluentes industriais, o deflúvio superficial urbano e agrícola estando, portanto, associada ao tipo de uso e ocupação do solo. Observou-se que a população residente na bacia utiliza a água do rio para os mais diversos usos, tais como: irrigação, dessedentação de animais, despejos de efluentes, descarte de resíduos sólidos, lazer, dentre outros. Para realização da pesquisa alguns parâmetros foram analisados: pH, turbidez, cor, sólidos totais dissolvidos, nitrito, nitrato, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e coliformes termotolerantes. Os parâmetros OD, DBO₅ e coliformes foram utilizados para avaliar e identificar as zonas de autodepuração do rio em estudo. Para tanto foram construídos perfis sanitários ao longo do curso do rio, contudo foi possível correlacionar os parâmetros citados. Os resultados obtidos dessas análises foram comparados com os valores máximos permitidos pela Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, para Rio de Águas Doce - Classe II, na qual está inserido o rio Tambay. Observa-se que os parâmetros nitrito, nitrato, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes, se comportaram na maioria das vezes acima do valor permitido pela Resolução supracitada. A poluição orgânica de um curso d'água pode ser avaliada pelo decréscimo da concentração de oxigênio dissolvido e/ou pela concentração de matéria orgânica em termos de concentração de oxigênio necessário para oxidá-la. O oxigênio dissolvido (OD), a demanda bioquímica do oxigênio (DBO₅) e os coliformes termotolerantes foram utilizados como parâmetros para avaliar a autodepuração do Rio Tambay. Foram feitas avaliações do perfil de poluição orgânica através de coletas de água realizada num período de um ano e cinco meses e foram identificadas as zonas de autodepuração, ao longo do curso do rio, onde foi possível correlacionar o OD com a DBO₅. De acordo com os resultados obtidos o Rio Tambay encontra-se em péssimo estado, assoreado, bastante poluído e sem condições de se autodepurar.

Palavras – chave: Autodepuração, Oxigênio dissolvido, Demanda bioquímica de oxigênio e Rio Tambay.

ABSTRACT

The water is usually classified as a renewable natural resource in quantity but not quality. The quality and quantity of it, will depend on how the man uses, but it is known that the man often uses this resource in an inappropriate way, causing often irreversible damage. The Tambay river is located in the city of Bayeux, state of Paraíba - Brazil, used in some places as municipal boundary between the towns of Bayeux and Santa Rita, with its river mouth located in the town of Bayeux in Paroeiras river and its source in the same town in the district of Alto da Boa Vista. This river has a length of approximately 3.51 km from the mouth to the source. Nearby its mouth river there is the dam of Santo Amaro, which years ago had breached its spillway and now appear as two distinct bodies of water. Water pollution originates from various sources, among which stand out domestic effluent, industrial effluents, the urban and agricultural runoff surface and is therefore associated with the use type and land occupation. It was observed that the population living around the basin using the river water for different uses such as irrigation, watering the animals, eviction of effluents, solid waste disposal, recreation, among others. To perform the research, some parameters were analyzed: pH, turbidity, color, total dissolved solids, nitrite, nitrate, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand and thermotolerant coliform. The results of this analysis were compared with the values allowed by the CONAMA Resolution number 357/2005, to Class II river. It is observed that the parameters nitrite, nitrate, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, thermotolerant coliform, behaved mostly above those permitted by the above resolution. Organic pollution of a watercourse can be evaluated by the decrease in dissolved oxygen concentration and / or the concentration of organic matter in terms of concentration of oxygen needed to oxidize it. Dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD) and thermotolerant coliforms were used as parameters to evaluate the self-purification of Tambay river. Evaluations were made of organic pollution profile through water sampling conducted over a period of one year and five months and were identified the areas of self-purification, over the course of the river, where it was possible to correlate DO with the BOD, but according with the results, Tambay river is in poor condition, silted, very polluted and unable to self-purify.

Keywords: self-purification, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand and Tambay river.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Comunidade São Severino, Bayeux-PB.	17
FIGURA 2: Poluição da água por fontes pontuais e difusas.	21
FIGURA 3: Resolução CONAMA nº 357, 17/03/05. Padrões de qualidade para os corpos d'água das diversas classes e padrão de lançamento.	31
FIGURA 4: Forma física preponderante representada pelos parâmetros de qualidade	35
FIGURA 5: Usos da água.	47
FIGURA 6: Consequências do lançamento de carga orgânica em um curso de água.	53
FIGURA 7: Zonas de Autodepuração	54
FIGURA 9: Medição de Vazão.	68
FIGURA 8: Medição de Vazão. FOTO: Falcão, 2010	68
FIGURA 10 : Comunidades Ribeirinhas.	Erro! Indicador não definido.
FIGURA 11: Assoreamento do Rio Tambay	62
FIGURA 12: Esgoto a céu aberto.	62
FIGURA 13: Ligação de esgoto doméstico.	62
FIGURA 14: Balneário Brisa Mar.	71
FIGURA 15: Plantação de Hortaliças.	71
FIGURA 16: Diluição de Despejos.	72
FIGURA 17: Dessedentação de Animais.	72
FIGURA 18: Resíduos Sólidos no Rio.	72
FIGURA 19: Lixo em Terrenos Baldios.	72
FIGURA 21: Morador lançando lixo no Rio.	73
FIGURA 20: Lixo pelas ruas de Bayeux.	73
FIGURA 22: Demarcação dos pontos de coleta de amostra d'água na Bacia hidrográfica do rio Tambay.	64
FIGURA 23: Localização do ponto 1 (Nascente).	64
FIGURA 24: Localização do ponto 2 (Piscina).	65
FIGURA 25: Localização do ponto 3 (Br 230).	66
FIGURA 26: Localização do ponto 4 (Ponto).	66
FIGURA 27: Localização do ponto 5 (Comunidade).	67

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: Patogênicos de doenças de transmissão hídrica e sua significância nas águas naturais.	20
QUADRO 2: Classificação das Águas Naturais.....	29
QUADRO 3: Classificação das Águas Doces.	30
QUADRO 4: Principais poluentes das águas.	49
QUADRO 5: Características das zonas de autodepuração de um curso d'água.	55
QUADRO 6: Coordenadas dos pontos de coletas.	63
QUADRO 7: Métodos utilizados para realização das análises de cada parâmetro estudado..	70
QUADRO 8: Parâmetros de qualidade de água.	74
QUADRO 9: Valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão do parâmetro cor.	75
QUADRO 10: Valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão do parâmetro turbidez.....	76
QUADRO 11: Valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão do parâmetro pH.....	78
QUADRO 12: Evolução do nitrato nos pontos de coleta.	80
QUADRO 13: Valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão do parâmetro Nitrato.	80
QUADRO 14: Valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão do parâmetro Nitrito.	81
QUADRO 15: Valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão do parâmetro sólidos totais dissolvidos.	82
QUADRO 16: Valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão do parâmetro oxigênio dissolvido.....	84
QUADRO 17: Valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão do parâmetro DBO ₅	85
QUADRO 18:Valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão do parâmetro coliformes termotolerantes.	86

GRÁFICOS

GRÁFICO 1: Índices pluviométricos da cidade de Bayeux.....	69
GRÁFICO 2: Evolução da cor nos pontos de coleta.	75
GRÁFICO 3: Evolução da turbidez nos pontos de coleta.	76
GRÁFICO 4: Evolução do pH nos pontos de coleta.	77
GRÁFICO 5: Evolução da amônia nos pontos de coleta.	78
GRÁFICO 6: Evolução do nitrato nos pontos de coleta.	80
GRÁFICO 7: Evolução do nitrito nos pontos de coleta.	81
GRÁFICO 8: Evolução dos sólidos totais dissolvidos nos pontos de coleta.	82
GRÁFICO 9: Evolução do oxigênio dissolvido nos pontos de coleta.	83
GRÁFICO 10: Evolução da demanda bioquímica de oxigênio nos pontos de coleta.	85
GRÁFICO 11: Evolução dos coliformes termotolerantes nos pontos de coleta.	86
GRÁFICO 12: Oxigênio Dissolvido X DBO ₅ no ponto 1.	87
GRÁFICO 13: Oxigênio Dissolvido X DBO ₅ no ponto 2.	88
GRÁFICO 14: Oxigênio Dissolvido X DBO ₅ no ponto 3.	89
GRÁFICO 15: Oxigênio Dissolvido X DBO ₅ no ponto 4.	90
GRÁFICO 16: Oxigênio Dissolvido X DBO ₅ no ponto 5.	91
GRÁFICO 17: Média de Oxigênio Dissolvido e DBO ₅ ao longo do curso do rio Tambay....	92

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 A ÁGUA: um recurso natural.....	16
2.2 POLUIÇÃO DAS ÁGUAS	18
2.2.1 Principais Poluentes das Águas	22
2.2.2 Determinação das Cargas Poluidoras.....	24
2.3 CARACTERÍSTICAS DAS IMPUREZAS ENCONTRADAS NAS ÁGUAS NATURAIS	25
2.3.1 Características Físicas da Água	25
2.3.2 Características Químicas da Água.....	27
2.3.3 Características Biológicas da Água.....	28
2.4 A QUALIDADE DA ÁGUA: padrões e classes	28
2.4.1 Padrões de Lançamento e de Qualidade do Corpo Receptor	29
2.4.2 Padrões de Potabilidade.....	32
2.5 PARÂMETROS DE CONTROLE DA QUALIDADE DE ÁGUA	34
2.5.1 Indicadores Físicos da Água	35
2.5.1.1 Cor	35
2.5.1.2 Turbidez.....	36
2.5.1.3 Sabor e Odor.....	37
2.5.1.4 Temperatura.....	37
2.5.2 Indicadores Químicos da Água	38
2.5.2.1 pH	38
2.5.2.2 Alcalinidade.....	38
2.5.2.3 Acidez.....	39
2.5.2.4 Dureza.....	39
2.5.2.5 Ferro e Manganês	40
2.5.2.6 Cloretos.....	40
2.5.2.7 Nitrogênio	41
2.5.2.8 Fósforo.....	41
2.5.2.9 Oxigênio Dissolvido	42
2.5.2.10 Demanda Bioquímica e Química de Oxigênio	43

2.5.2.11 Metais Pesados	44
2.5.2.12 Pesticidas	44
2.5.3 Indicadores Biológicos da Água	45
2.5.3.1 Bactérias Coliformes	45
2.5.3.2 Algas e Cianobactérias	46
2.6 USOS DA ÁGUA.....	47
2.7 AUTODEPURAÇÃO.....	48
2.7.1 Aspectos Gerais.....	48
2.7.2 Principais poluentes hídricos.....	49
2.7.3 Fenômenos Interventores na Autodepuração	50
2.7.3.1 Fenômenos Físicos	50
2.7.3.2 Fenômenos Químicos	51
2.7.3.3 Fenômenos Biológicos	51
2.7.4 Zonas de Autodepuração	54
2.8 ESTUDOS SOBRE AUTODEPURAÇÃO EM CORPOS AQUÁTICOS	56
3 METODOLOGIA.....	58
3.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE A TEMÁTICA.....	58
3.2 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO	58
3.3 DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE COLETAS.....	63
3.4 CARACTERÍSTICAS DOS PONTOS DE COLETAS DE ÁGUA.....	63
3.5 MEDIÇÃO DE VAZÃO	67
3.6 DADOS PLUVIOMÉTRICOS	68
3.7 USOS DA ÁGUA.....	69
3.8 COLETAS DE ÁGUA E ANÁLISES DA ÁGUA	69
3.9 AVALIAÇÃO DA AUTODEPURAÇÃO	70
3.9 ANÁLISES DOS DADOS	70
4.1 OS USOS DA ÁGUA NA BACIA DO RIO TAMBAY	71
4.3 AVALIAÇÃO DA AUTODEPURAÇÃO DO RIO TAMBAY	73
4.3.1 Parâmetros Analisados para Avaliação da Autodepuração do Rio Tambay	74
4.3.2 Avaliação da Autodepuração do Rio Tambay	87
4.3.3 Perfil Sanitário ao Longo do Curso do Rio Tambay.....	91
CONCLUSÃO.....	93
REFERÊNCIAS	95
ANEXOS	99

1 INTRODUÇÃO

Atualmente há uma crescente preocupação com as questões relacionadas ao meio ambiente, desde a poluição dos rios até a preservação da biodiversidade. O homem tem tido a consciência de que esses recursos são esgotáveis e que, se não forem cuidados e não preservados, os mesmos desaparecerão e as conseqüências, provavelmente, serão as piores possíveis, pois o Planeta já sofre com as mudanças climáticas devido à destruição que a humanidade vem causando ao meio ambiente e, sobretudo, aos recursos hídricos.

Aproximadamente 75% da superfície da Terra é ocupada por água, sendo a mesma constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva, agregando cerca de dois terços do corpo humano e chega a atingir até 98% de alguns animais aquáticos, verduras, legumes e frutas. Devido às diversas atividades antrópicas, uma grande quantidade de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos é lançada ao meio ambiente, ocasionando o fenômeno da poluição, inserindo-se aí, a poluição dos corpos hídricos. As fontes de poluição de águas superficiais, em função das formas como os poluentes podem alcançar os mananciais, são classificadas como localizadas (pontuais) e não-localizadas (difusas).

A água está entre os recursos naturais fundamentais, é a que possui maior destaque, pois sua disponibilidade é necessária a todo tipo de vida no planeta, bem como para a maioria dos meios de produção. Sua disponibilidade expressa que a mesma está presente não somente em quantidade, mas também em qualidade e esta tem que ser satisfatória para suprir as necessidades de um determinado conjunto de seres vivos. É sabido ainda, que o uso da água pelo ser humano para qualquer finalidade resulta na deterioração da sua qualidade, limitando geralmente seu potencial de uso e com isso diminuindo sua disponibilidade para os diversos usos (MEYBECK *et al*, 1996).

A expressão corrente "qualidade da água" não se refere a um grau de pureza absoluto ou mesmo próximo do absoluto, mas sim a um padrão tão próximo quanto possível da "natural", isto é, como a água se encontra nos rios e nascentes, antes do contato com o homem. Mesmo sabendo da incomensurável importância para nossas vidas e do risco eminente da falta da mesma, muitos ainda continuam poluindo rios e reservatórios com uma carga maior do que a capacidade de autodepuração dos rios (SILVEIRA, 1999).

A poluição das águas naturais é ocasionada praticamente por três fatores: a urbanização, a industrialização e as atividades agrícolas. A urbanização desordenada, combinada com a falta de saneamento básico, é responsável pelo lançamento de esgotos domésticos em corpos aquáticos no meio urbano e isso pode ser notado visivelmente nas ruas da cidade de Bayeux - PB. O esgoto corre a céu aberto por toda parte da cidade e o mesmo acaba sendo encaminhado para o rio, sem nenhum tipo de tratamento, tornando-o cada vez mais poluído. Na cidade, as casas possuem apenas fossa séptica, usadas para os descartes das águas residuárias provenientes dos banheiros, já as águas residuárias oriunda das cozinhas e lavanderias que deveriam ir para a fossa também são lançadas direto na rua, provocando um odor desagradável, proliferação de mosquitos, além do aspecto visual horrível. Se ainda não bastasse, a população joga lixo no rio, mesmo tendo coleta regular do mesmo.

O desenvolvimento da indústria e seus despejos complexos, com os mais variados poluentes também provocam poluição com material orgânico e outras substâncias químicas. É importante ressaltar que, todo manancial tem capacidade de depurar as cargas poluidoras que recebe. A autodepuração ocorre através de fenômenos de natureza física, químico e biológica. Assim, após ocorrer o lançamento de poluentes em um corpo d'água, iniciam-se processos de assimilação dos mesmos, ocorrendo, com relação a alguns deles, uma depuração completa. Isso ocorrerá desde que haja um controle nesses despejos, pois nem todos os poluentes introduzidos na água são completamente assimilados, podendo aí permanecer por muito tempo. Pode-se dizer que um corpo d'água, após receber uma carga poluidora, nunca mais voltará às suas condições anteriores. Apenas alguns constituintes desta carga passam por processos de transformação ou eliminação completos (BRAGA, 2005).

Dentre os constituintes mais importantes em termos de avaliação do impacto na qualidade da água, destacam-se o oxigênio dissolvido na água e a demanda bioquímica de oxigênio. Isso se dá porque o oxigênio é fundamental para a manutenção de formas de vida aeróbias importantes para o equilíbrio ambiental, as quais são fontes de alimento para o homem. Entretanto, o despejo de alguns poluentes no meio aquático pode afetar profundamente a concentração de oxigênio dissolvido, levando até mesmo ao desaparecimento dessa substância e das formas de vida que dela depende.

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar o processo de autodepuração do Rio Tambay na cidade de Bayeux – Paraíba/Brasil, utilizando-se como parâmetros de qualidade da água o oxigênio dissolvido (OD) e a demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅).

Como objetivos específicos têm-se:

- Identificar e distinguir os diversos usos da água no Rio Tambay.
- Investigar questões relacionadas à qualidade da água e a degradação da paisagem da bacia do Rio Tambay.
- Identificar os problemas ocasionados pelo destino inadequado dos dejetos na bacia do Rio Tambay na cidade de Bayeux na Paraíba e qual a sua interferência no processo de autodepuração do mesmo.
- Determinar a vazão do corpo hídrico estudado.

Esta dissertação está dividida em cinco partes, tendo a introdução como primeira parte, a segunda parte apresenta uma concisa revisão bibliográfica objetivando uma explanação sobre a temática estudada. Neste item são abordados os seguintes temas: a água: um recurso natural, poluição das águas, características das impurezas encontradas nas águas naturais, a qualidade da água: padrões e classes, parâmetros de controle da qualidade de água, autodepuração. A terceira parte expõe a metodologia utilizada nesta pesquisa abordando também a localização e caracterização da área de estudo. A quarta parte apresenta as análises e discussões dos resultados e por fim, na quinta parte estão contidas as conclusões da pesquisa. Em seguida, destacam-se as referências utilizadas nesta dissertação, seguida de anexo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A ÁGUA: um recurso natural

A água é comumente classificada como um recurso natural renovável em quantidade, mas não renovável em qualidade. A qualidade e a quantidade da mesma vão depender de como o homem a utiliza, pois é sabido que 97% da água disponível na terra é marinha, dos 3% restantes, apenas 2% constituem rios lagos e águas subterrâneas, e 1% é encontra-se em estado sólido e estão nos pólos (geleiras). Cerca de 0,0005% é vapor de água presente na atmosfera e quase a metade dessa água doce encontra-se na América do Sul.

Cada dia a população está aumentando, motivando, assim, uma maior procura por esse recurso. Simultaneamente, o impacto da poluição é igualmente crescente. Mesmo o homem tendo consciência que está poluindo e que esse recurso é esgotável o mesmo não para de poluí-la e, desta forma, consequentemente, cada vez mais vai provocando a diminuição e deterioração da qualidade da água. É importante ressaltar que todos os recursos naturais são importantes para a vida na terra e para o equilíbrio do ecossistema, logo,

a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, reunida em Estocolmo, em 1972, cita, em seu Princípio 2, que: “Os recursos naturais da Terra, inclusos o ar, a água, a terra, a flora e a fauna, e especialmente as amostras representativas dos ecossistemas naturais devem ser preservados, em benefício das gerações presentes e futuras, mediante uma cuidadosa planificação ou regulamentação segundo seja mais conveniente (ROCHA; ROSA; CARDOSO; p.47, 2009).

Conforme Weber (1992), 22 de março é o Dia Mundial da Água, foi instituído pelas Nações Unidas durante a Rio 92. De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU 1992), essa data é “um dia especial para lembrar a todos que empenho concreto para fornecer água limpa e potável é elevar a consciência em todo o mundo dos problemas e das soluções” (ONU, 1992).

Segundo um relatório divulgado pela Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO, 2003) - ocorrido em março de 2003 durante a terceira edição do Fórum Mundial da água, em Kyoto, no Japão -, o Brasil é o país mais rico do mundo em recursos hídricos, com 6,2 bilhões de m³ de água doce, o que corresponde a 17% do total disponível no planeta. Já no tocante da disponibilidade desse recurso por habitante o Brasil está em 25º lugar, com 48,3 m³ por pessoa (ROCHA; ROSA; CARDOSO, 2009).

Conforme dados da United Nations Educacional, Scientific and Cultural Organization - UNESCO (2003), 1,1 bilhão de pessoas serão afetadas pela falta do insumo em 2050. Durante a Reunião Anual de 2008 do World Economic Forum, que aconteceu em Davos, o Secretário Geral da Organização das Nações Unidas (ONU), Ban Ki-Moon, alertou que a falta de água representa “risco para o crescimento econômico, para os direitos humanos, para a saúde e para a segurança nacional”. Resolver as crises provocadas pela crescente demanda de água doce combinada com a escassez desse recurso é tão imprescindível quanto os trabalhos para enfrentar as complicadas mudanças climáticas (V Fórum Mundial da Água, 2008).

Apesar de toda disponibilidade dos recursos hídricos que o Brasil tem, um dos principais problemas que se enfrenta é a contaminação dos mesmos por efluentes domésticos, destacando assim a falta de preservação e o manejo desses recursos hídricos e ainda a falta de saneamento básico. O saneamento básico no Brasil enfrenta inúmeros obstáculos de origem política, financeira, educacional, cultural, etc. Grande parte da população não tem informação quanto aos princípios básicos de higiene, as autoridades tratam com descaso os problemas relacionados à saúde pública, tudo isso pode ser assistido nas comunidades subnormais e ainda nas comunidades onde abrange a área de estudo (Figura 1).



FIGURA 1: Comunidade São Severino, Bayeux-PB.
FONTE: Lima, 2010.

Apesar de não ter muito o que comemorar quando o assunto é saneamento básico no Brasil, vários setores da sociedade tem se preocupado com a deterioração do ambiente e, conseqüentemente, com a qualidade de vida da população. Existem vários órgãos responsáveis pela preservação do meio ambiente e a gestão dos recursos hídricos, como secretarias municipais do meio ambiente, órgãos estaduais e federais, dentre outros, ajudando assim a preservar os recursos naturais que são tão preciosos para a humanidade.

A gestão qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos vem tornando-se uma questão econômica, pois tem sido abordada por especialistas em saúde pública e, de acordo com a Organização Mundial de Saúde - OMS (2007), para cada US\$ 1 investido em saneamento básico são economizados cerca de US\$ 4 em tratamentos de saúde.

2.2 POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

“Entende-se por poluição das águas a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são feitos” (VON SPERLING, p.43, 1995). Esse conceito de poluição da água vem tornando-se cada vez mais abrangente em função de maiores exigências com relação ao uso racional e a conservação dos recursos hídricos.

É importante ressaltar que a alteração da qualidade da água não está essencialmente ligada apenas a aspectos estéticos, pois a água de aparência satisfatória para um determinado uso pode conter microorganismos patogênicos e substâncias tóxicas para determinadas espécies, e já águas com aspecto desagradável podem ter determinados usos. A noção de poluição deve ser associada ao uso que se faz da água, pois outros fenômenos que agredem o meio e sua integridade podem ser considerados como um tipo de poluição sendo: introdução de uma grande quantidade de água doce mesmo limpa em um ambiente marinho (causa modificações no ecossistema); perturbações cíclicas causadas por fenômenos naturais: chuvas, enchentes, etc. (transporte de matéria orgânica em decomposição no solo, para os rios altera o equilíbrio de CO₂); mudança na velocidade de escoamento de um rio, arrastando todo sedimento de fundo (pode prejudicar a reprodução de peixes); lançamento de águas aquecidas, diminuindo a quantidade de O₂ necessária a respiração de peixes (poluição térmica).

Existe uma diferença entre os conceitos de poluição e contaminação, já que ambos são às vezes utilizados como sinônimos.

[...] A contaminação refere-se à transmissão de substâncias ou microorganismos nocivos a saúde pela água. A ocorrência da contaminação não implica necessariamente um desequilíbrio ecológico. Assim, a presença na água de organismos patogênicos prejudiciais ao homem não significa que o meio ambiente aquático esteja ecologicamente desequilibrado. De maneira análoga, a ocorrência de poluição não implica necessariamente riscos a saúde de todos os organismos que fazem uso de recursos hídricos afetados. (BRAGA *et al*, p.82, 2005,)

A Resolução Nº 357 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), classifica as águas em doces, salobras e salinas; os cursos d'água em classe especial, 1, 2, 3 e 4; explicita alguns usos, tais como abastecimento público, manutenção das espécies aquáticas, recreação de contato primário, irrigação de hortaliças e aquicultura. Com isso é de fundamental importância o enquadramento dos recursos hídricos em suas devidas classe para que haja um controle maior da poluição desses cursos d'água.

Em relação à água como vetor de doenças, a significância sanitária dos diversos patógenos varia em função de alguns balizadores, tais como persistência no ambiente aquático, reservatório no reino animal, entre outros. O Quadro 1 mostra a relação dos principais microrganismos patogênicos encontrados em águas naturais.

Patógeno	Significado sanitário	Persistência no meio aquático ¹	Infecciosidade	Existência de reservatório animal
Bactéria				
<i>Campylobacter jejuni</i>	Alta	Moderada	Moderada	Sim
<i>E. coli</i>	Alta	Moderada	Baixa	Sim
<i>Legionella</i>	Alta	Multiplicação	Moderada	Não
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Moderada	Provável multiplicação	Moderada	Não
<i>Salmonella typhi</i>	Alta	Moderada	Baixa	Sim
Outras <i>Salmonella</i>	Alta	Provável multiplicação	Baixa	Sim
<i>Shigella spp.</i>	Alta	Curta	Moderada	Não
<i>Vibrio colerae</i>	Alta	Curta	Baixa	Não

1 Detecção em estágio infectivo a 20°C em até uma semana (curta), uma semana a um mês (moderada) e mais de um mês (longa).

Patógeno	Significado sanitário	Persistência no meio aquático ²	Infecciosidade	Existência de reservatório animal
Vírus				
Adenovírus	Alta	Longa	Alta	Não
Edenovírus	Alta	Longa	Alta	Não
Hepatite A	Alta	Longa	Alta	Não
Hepatite E	Alta	Longa	Alta	Potencialmente
Norovírus e Sapovírus	Alta	Longa	Alta	Potencialmente
Rotavírus	Alta	Longa	Alta	Não
Prozoários				
<i>Cryptosporidium</i>	Alta	Longa	Alta	Sim
<i>Entamoeba histolytica</i>	Alta	Moderada	Alta	Não
<i>Giardia Lamblia</i>	Alta	Moderada	Alta	Sim
Helmintos				
<i>Dracunculus medinensis</i>	Alta	Moderada	Alta	Não
<i>Schistosoma spp.</i>	Alta	Curta	Alta	Sim

QUADRO 1: Patógenos de doenças de transmissão hídrica e sua significância nas águas naturais.

FONTE: Libânio (2005).

Oos patógenos transmitidos por via feco-oral proporcionam variadas rotas de transmissão de doenças além da água de consumo, sendo: contaminação por meio dos alimentos, roupas, mãos, utensílios constituem outras rotas quando as condições sanitárias são insatisfatória.

Segundo Libânio (2005), o crescimento populacional nas últimas décadas é a maior causa da poluição nos corpos hídricos, pois os impactos ocasionados pela ocupação desordenada e às atividades industriais, agrícolas e pecuárias resumem-se na consequência mais visível desse crescimento. Aliado à maior geração de esgotos domésticos nos centros urbanos e muitas vezes nessas cidades não possuem esgotamento sanitário, isso agrava a poluição, o aumento da produção agrícola acarreta uso mais intensivo de pesticidas e fertilizantes que das mais variadas formas alcançam os corpos d'água em uma das principais facetas da poluição difusa. Nesse panorama, o incremento das atividades industriais também culmina com a maior geração de resíduos, favorecendo a contaminação especialmente por metais pesados. O impacto do lançamento desses efluentes domésticos na deterioração da qualidade dos corpos hídricos supera o ocasionado pelos despejos industriais.

² Detecção em estágio infectivo a 20°C em até uma semana (curta), uma semana a um mês (moderada) e mais de um mês (longa).

Os poluentes podem ser introduzidos no meio aquático de forma pontual ou difusa (Figura 2). Na poluição pontual as cargas poluidoras são introduzidas por lançamento individualizado, ou seja, de forma concentrada no espaço, com isso as cargas pontuais são facilmente identificadas, portanto o controle da mesma torna-se mais rápido e eficiente (Von SPERLING, 2005). Já a poluição difusa, não possui um ponto de lançamento específico e ocorre ao longo da margem dos rios, tal é o caso típico da poluição veiculadas pelas substâncias provenientes de campos agrícolas, ou por não advirem de um ponto preciso de geração, como no caso de drenagem pluvial natural.

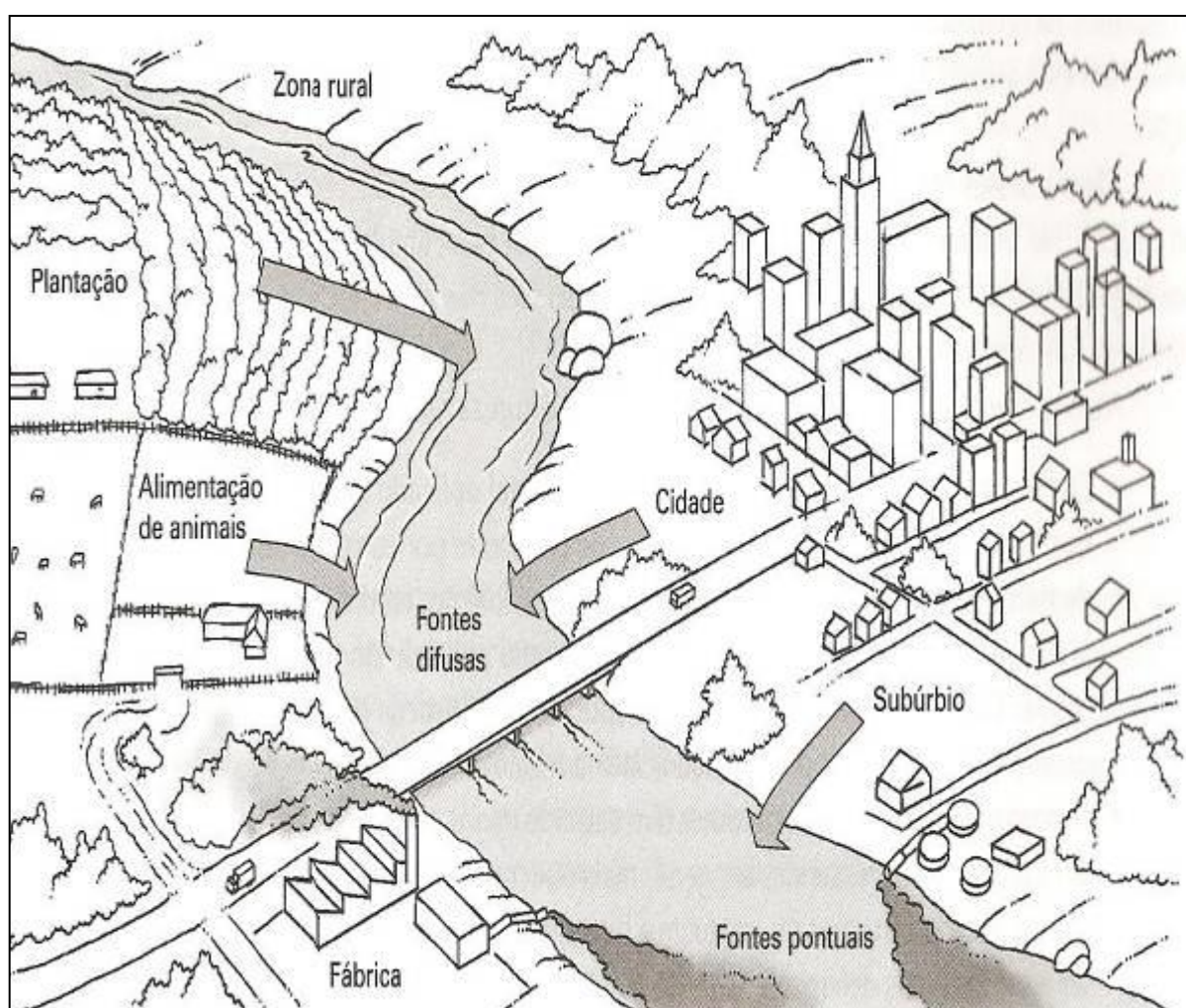


FIGURA 2: Poluição da água por fontes pontuais e difusas.

FONTE: Braga *et. al* (2005).

É importante destacar que nos países desenvolvidos, grande atenção tem sido dada à poluição difusa, pelo fato dos lançamentos pontuais já terem sido, em grande parte,

equacionados. Enquanto, que no Brasil, tem muito a se fazer ainda em termos do controle da poluição pontual originárias de centros urbanos e industriais.

2.2.1 Principais Poluentes das Águas

Os poluentes aquáticos são classificados baseados na sua natureza, conjuntamente com seus efeitos poluidores mais representativos. Os poluentes são classificados em (Von Sperling, 2005):

➤ Poluentes orgânicos biodegradáveis

A matéria orgânica biodegradável predominantemente originária de esgotos domésticos, quando lançada na água é degradada pelos organismos decompositores presentes no meio aquático. Há duas maneiras de esses compostos serem degradados:

- se tiver oxigênio dissolvido no meio, a decomposição será feita por bactérias aeróbias, que consomem oxigênio dissolvido presente na água. Com isso dependendo da carga poluidora pode ocasionar a mortandade de peixes e outros organismos que dependem de oxigênio para respirar.
- se não tiver oxigênio dissolvido no meio, a decomposição é anaeróbia, com a formação de gases, como o metano e o gás sulfídrico, que causam odor.

A presença de matéria orgânica biodegradável na água pode acarretar a destruição da fauna ictiológica³ e de outras espécies aeróbias em razão de consumo de oxigênio dissolvido pelos organismos decompositores.

➤ Poluentes orgânicos não-biodegradáveis

Diversos compostos orgânicos não são biodegradáveis, ou seja, sua taxa de biodegradação é muito lenta. Esses compostos podem encontrar-se no meio aquático em concentrações que não são perigosas ou tóxicas. Contudo, em consequência do fenômeno da

³ É o ramo da zoologia devotado ao estudo de peixes.

bioacumulação, sua concentração no tecido dos organismos vivos pode ser relativamente alta, caso não consigam eliminar tais compostos após sua ingestão. Alguns exemplos desses compostos são: defensivos agrícolas, detergentes sintéticos, petróleo.

➤ Metais

Os metais podem ser solubilizados pela água, podendo causar danos à saúde em função da sua quantidade ingerida, pela toxicidade, ou de seus potenciais carcinogênicos, mutagênicos ou teratogênicos. Pode ser citado como exemplo de metais tóxicos o cromo, o mercúrio, o cádmio, o bário e o arsênio. Esses metais podem causar ainda a inibição do tratamento dos esgotos, problemas na disposição do lodo na agricultura e a contaminação da água subterrânea. Também se pode citar como exemplo de uma doença relacionada com os metais, o mal Minamata, que foi detectada em 1953 na Baía de Minamata no Japão. Essa doença se caracterizou pelo acúmulo de compostos organomercuriais no sistema nervoso humano, principalmente no cérebro e na medula.

➤ Nutrientes

O excesso de nutrientes no meio aquático pode levar ao crescimento exagerado de alguns organismos aquáticos, provocando prejuízo a determinados usos dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Esses nutrientes, principalmente os sais de nitrogênio e fósforo, são responsáveis pelo crescimento excessivo de algas, toxicidade aos peixes (amônia), doenças em recém-nascidos conhecida como a síndrome do bebê azul (nitrato) e poluição da água subterrânea.

➤ Organismos patogênicos

A água é um meio de transmissão de várias doenças, isso ocorre principalmente em regiões que são menos desenvolvidas, onde o saneamento básico é precário ou mesmo inexistente. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, (2008) as doenças de veiculação hídrica são responsáveis por boa parte da ocupação de leitos hospitalares e ainda pela diminuição da qualidade de vida da população residentes em aglomerados subnormais. As classes de organismos patogênicos mais comuns e que transmitem doenças através da água são: vírus, bactérias, helmintos e protozoários.

➤ Sólidos em suspensão

Causam o aumento da turbidez da água, diminuindo sua transparência, ocasionando assim problemas estéticos, depósitos de lodo, adsorção de poluentes e proteção de patogênicos. Os sedimentos podem ainda, carregar pesticidas e outros tóxicos, e sua disposição no fundo de rios e lagos prejudica as espécies bentônicas⁴ e a reprodução de peixes.

2.2.2 Determinação das Cargas Poluidoras

De acordo com Von Sperling (2005) quando se vai avaliar o impacto da poluição no corpo d'água e a eficácia das medidas de controle, há a necessidade da quantificação das cargas poluidoras afluentes⁵ ao corpo hídrico. Contudo, são imprescindíveis levantamentos de campo na área de estudo, incluindo amostragem dos poluentes, análises laboratoriais, medição de vazão, dentre outros. Todavia, poderá ocorrer de não ser possível a execução de todos esses itens, então se pode complementar com dados de literatura.

Segundo Mota (1988) numa bacia hidrográfica devem-se obter alguns levantamentos sanitários sendo:

- a) Dados físicos da bacia: variações climáticas, temperatura, precipitação pluviométrica e escoamento, evaporação e outros.
- b) Dados sobre o comportamento hidráulico dos corpos hídricos: vazão máxima, média e mínima, volumes de reservatórios, velocidades de escoamento, profundidade, etc.
- c) Uso e ocupação do solo: tipos, densidades, perspectivas de crescimento, distritos industriais e outros.
- d) Caracterização sócio-econômica: demografia, desenvolvimento econômico, etc.
- e) Usos múltiplos das águas.
- f) Requisitos de qualidade para o corpo d'água.
- g) Localização, quantificação e tendência das principais fontes poluidoras.
- h) Diagnóstico da situação atual da qualidade da água: características, físicas, químicas e biológicas.

4 Animais ou vegetais que vivem no fundo dos mares.

5 É o nome dado aos rios e cursos de água menores que deságuam em rios principais.

É significativo enfatizar que os poluentes de um modo geral, são oriundos das seguintes fontes poluidoras: esgoto doméstico (incluindo residências, instituições e comércios), despejos industriais (diversas origens e tipos de indústrias), escoamento superficial (área urbana e rural).

A quantificação dos poluentes deve ser apresentada em termos de carga.

A carga é expressa em termos de massa por unidade de tempo, podendo ser calculada por um dos seguintes métodos, dependendo do tipo de problema em análise, da origem do poluente e dos dados disponíveis (nos cálculos, converter as unidades para se trabalhar sempre em unidades consistentes, como por exemplo, Kg/d) (VON SPERLING, p.48,1995).

Para a realização dos cálculos são utilizadas as seguintes fórmulas (VON SPERLING, 1995):

- Carga = concentração x vazão
- Carga = contribuição per capita x população
- Carga = contribuição por unidade produzida (Kg/unid. produzida) x produção (unid. produzida)
- Carga = contribuição por unidade de área (Kg/Km².dia) x área (Km²)

2.3 CARACTERÍSTICAS DAS IMPUREZAS ENCONTRADAS NAS ÁGUAS NATURAIS

Existem inúmeros componentes presentes na água que alteram o seu grau de pureza modificando suas características, tornando-a muitas vezes impróprias para alguns usos. As características físicas, químicas e biológicas das águas naturais provêm de uma série de processos que acontecem no corpo d'água e na bacia hidrográfica, como decorrência das mencionadas capacidades de dissolução de uma ampla gama de substâncias e de transporte pelo escoamento superficial e subterrâneo.

2.3.1 Características Físicas da Água

A água apresenta-se no estado líquido e nas condições normais de temperatura e pressão por isso é considerada uma substância notável. Por conseguinte, sua densidade atinge valores relativamente elevados, havendo uma interface bem definida entre o meio aquático

superficial e a atmosfera, visto que a densidade da água é centenas de vezes superiores à densidade do ar.

A densidade da água varia com a temperatura, a concentração de substância dissolvida e a pressão. As variações de densidade observadas no meio aquático em decorrência desses fatores são relativamente pequenas do ponto de vista numérico, mas suficientemente elevadas para dar origem a uma série de fenômenos muito importantes do ponto de vista ambiental (BRAGA *et al*, 2005, p.75).

Tem-se como uma das características físicas marcante da água é a forma como sua densidade varia com a temperatura. A água no estado sólido é menos densa do que no estado líquido. “Mesmo quando há gelo sobre a superfície dos corpos d’água, sua parte inferior pode permanecer no estado líquido, possibilitando a existência de vida aquática” (BRAGA *et al*, 2005, p.75).

Outro problema que afeta a densidade da água é a concentração de sais dissolvidos. Um exemplo é o da água do mar, que sua densidade é cerca de 2% maior que a da água nas condições normais de temperatura e pressão, isso acontece devido à presença de sais. O calor específico da água é muito elevado, com isso absorvem ou liberam quantidades elevadas de calor à custa de variações de temperatura relativamente pequenas. Em função do alto calor específico da água, as variações naturais da temperatura nos meios aquáticos costumam ser brandas.

De acordo com Braga *et al* (2005) a biota⁶ aquática não está adaptada para sobreviver a elevadas alterações de temperatura. Por conta disso, o despejo de efluentes aquecidos lançados nos corpos d’água tem o potencial de produzir grandes danos ambientais. Devido às elevações de temperatura da água, a viscosidade diminui e, deste modo, diminui a força de atrito entre a água e a superfície do fitoplâncton⁷. A velocidade de sedimentação desses organismos aumenta, afastando-os da zona iluminada e, conseqüentemente, reduzindo ou cessando a fotossíntese. Logo, esse é um dos motivos pelos quais despejos de água aquecida nos corpos hídricos podem ser maléficos aos ecossistemas aquáticos.

É evidente a importância da penetração da luz em meios aquáticos, uma vez que é fator essencial para a ocorrência da fotossíntese e, assim sendo, pode afetar todo o meio biótico existente em um corpo hídrico. Existem vários fatores que podem afetar a penetração da luz no meio aquático, dentre os quais se destacam a cor e a turbidez. A cor está associada a

6 É um conjunto de seres vivos de um ecossistema, o que inclui a fauna, a flora, os fungos e outros grupos de organismos.

7 Conjunto de organismos aquáticos microscópicos que têm capacidade fotossintética e que vivem dispersos flutuando na coluna de água.

substâncias dissolvidas na água e pode afetar a penetração da luz. Já a presença de material em suspensão (minerais e algas) afeta a turbidez da água, dificultando ou mesmo impedindo a penetração da luz.

2.3.2 Características Químicas da Água

A água é conhecida como solvente universal por possuir a capacidade de dissolver um enorme número de substâncias orgânicas e inorgânicas nos estados sólidos, líquidos e gasosos. Certos organismos aquáticos precisam de algumas substâncias dissolvidas na água para sobreviverem. A presença do oxigênio dissolvido e o dióxido de carbono dissolvidos na água permitem a fotossíntese e a respiração aeróbia⁸ nesse meio.

É fundamental para a constituição das cadeias alimentares no meio aquático a presença de alguns sais dissolvidos, porém eles servem como nutrientes para os organismos autótrofos⁹. Em geral, os sais de fósforo ou de nitrogênio são fatores limitantes para o crescimento desses organismos no ambiente aquático, mas se houver um aumento exagerado na concentração desses sais pode ocorrer uma proliferação de algas, ocorrendo o fenômeno chamado de eutrofização¹⁰. Em quantidades moderadas os organismos aquáticos também precisam de outros sais, tais como: sódio, enxofre, sais de silício, cálcio, magnésio, potássio, ferro e cloro. Já em quantidades diminutas, contudo fundamentais, de zinco, cobre, sais de manganês, molibdênio e cobalto, dentre outros, são imprescindíveis para a vida aquática. (BRAGA *et al*, 2005).

O pH (potencial hidrogeniônico) é representado por um valor numérico que indica se uma solução é ácida (menor que 7), neutra (igual a 7) ou alcalina (maior que 7). Muitas reações químicas que ocorrem no meio ambiente são afetadas pelo valor do pH, sistemas biológicos são bastante sensíveis ao valor do pH, usualmente, o meio deve ter pH entre 6,5 e 8,5 para que os organismos não sofram grandes danos.

Dentre as substâncias que ocorrem naturalmente no meio ambiente e que podem alterar o pH, tem-se o gás carbônico que, ao dissolver-se na água, forma o ácido carbônico, reduzindo o pH. A água saturada de gás carbônico terá pH igual a 5,6. (BRAGA *et al*, p.77, 2005).

8 É um conjunto de reações bioquímicas em que o oxigênio é umceptor final de elétrons e ao longo do qual a energia de moléculas orgânicas é, em parte, transferida para moléculas de ATP.

9 Organismo capaz de produzir seu próprio alimento a partir de substâncias inorgânicas.

10 Processo, natural ou provocado por atividades humanas, em que o aumento de nutrientes da água causa um acúmulo de algas e matéria orgânica decomposta.

2.3.3 Características Biológicas da Água

Dentre os seres vivos existentes na água, têm-se os pertencentes aos reinos animal e vegetal, além dos protistas. Segundo Libânio (2005) as características biológicas das águas naturais referem-se aos vários microrganismos que vivem no ambiente aquático. Sua relevância manifesta-se na probabilidade de transmitir doenças e na transformação da matéria orgânica dentro dos ciclos biogeoquímicos de diversos elementos como nitrogênio.

Existem vários grupos de organismos aquáticos sendo: bactérias, fungos, vírus, macrófitas, algas, rotíferos, protozoários, crustáceos, insetos aquáticos, anfíbios, aves, mamíferos, répteis, moluscos, peixes e vermes. Esses organismos podem ser classificados por meio da região em que vivem. Como por exemplo, o nécton refere-se ao conjunto de organismos que possui capacidade de locomoção, independentemente das correntes. O plâncton está relacionado à comunidade de seres vivos que vivem em suspensão no meio aquático, sendo genericamente subdividido em zooplâncton (comunidade animal do plâncton) e fitoplâncton (comunidade vegetal do plâncton) e por fim, os organismos bentônicos são os que habitam os leitos dos corpos hídricos (BRAGA *et al*, 2005).

De acordo com Cohn, Cox e Berger (1999) o controle da qualidade da água de consumo para diminuir a transmissão de doenças de veiculação hídrica, fundamenta-se no emprego de organismos indicadores, pois o monitoramento individual dos microrganismos patogênicos seria inviável. Logo, algumas características são essenciais a um indicador microbiológico, são: estar presente, em expressivas maiores concentrações, sempre que os microrganismos patogênicos também estiverem, e ausente em águas não contaminadas; responder as características do meio ambiente e aos métodos de tratamento de forma similar à dos microrganismos patogênicos; haver métodos de análise de fácil exequibilidade, baixo custo, com aquisição dos resultados confiáveis em pouco espaço de tempo; ser estável e não patogênico.

2.4 A QUALIDADE DA ÁGUA: padrões e classes

Além dos requisitos de qualidade de água, que explanam de uma forma generalizada e conceitual a qualidade desejada para a água, existe a necessidade de se estabelecer também padrões de qualidade, embasados por um suporte legal. Os padrões devem ser cumpridos, por força da legislação, pelas entidades envolvidas com a água a ser utilizadas. Da mesma forma que os requisitos, os padrões também são função do uso previsto para a água.

Existem três tipos de padrão de interesse direto dentro do âmbito do meio ambiente no que se refere à qualidade da água: padrões de lançamento no corpo receptor, padrões de qualidade do corpo receptor, padrões de potabilidade.

2.4.1 Padrões de Lançamento e de Qualidade do Corpo Receptor

A Resolução CONAMA nº 357, de 17/03/05, dividiu as águas do território nacional em águas doces, salobras e salinas (Quadro 2). Em função dos usos previstos, foram criadas quatro classes. O Quadro 3 apresenta um resumo dos usos preponderantes das classes relativas à água doce, em que a Classe Especial pressupõe os usos mais nobres, e a classe 4, os menos nobres.

As águas do território nacional foram classificadas nesta resolução como:

Águas Doces	Salinidade < 0,05%
Águas Salobras	Salinidade entre 0,05% e 3%
Águas Salinas	Salinidade > 3%

QUADRO 2: Classificação das Águas Naturais.

FONTE: Resolução CONAMA nº 357, de 17/03/05.

O Quadro 3 apresentam-se as 8 classes e seus respectivos usos apresentado abaixo:

CLASSES	USOS
ESPECIAL	• Abastecimento doméstico, sem prévia ou com simples desinfecção; • Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
CLASSE 1	• Abastecimento doméstico, após tratamento simplificado; • Proteção das comunidades aquáticas; • Recreação de contato primário; (natação, mergulho e esqui aquático) • Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam consumidas cruas sem remoção de película (casca); • Criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana.

CLASSES	USOS
CLASSE 2	• Abastecimento doméstico, após tratamento convencional; • Proteção das comunidades aquáticas; • Recreação de contato primário; (natação, mergulho e esqui aquático) • Irrigação de plantas frutíferas e hortaliças.
CLASSE 3	• Abastecimento doméstico, após tratamento convencional; • Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; • Dessedentação de animais.
CLASSE 4	• Navegação; • Harmonia paisagística; • Usos menos exigentes.

QUADRO 3: Classificação das Águas Doces.

FONTE: Resolução CONAMA nº 357, de 17/03/05.

A legislação não proíbe o uso de águas de melhor qualidade em usos menos exigentes, desde que tais usos não interfiram na qualidade dessas águas.

Como pode ser observado no Quadro 3 cada classe obedece a uma determinada qualidade a ser conservada no corpo d'água. Esta qualidade é expressa na forma de padrões, através da referida Resolução. Além dos padrões de qualidade dos corpos receptores, a mesma Resolução ainda apresenta os padrões para o lançamento de efluentes nos corpos d'água.

Os dois padrões estão de certa forma interrelacionados. O principal objetivo de ambos é a preservação da qualidade do corpo hídrico. Contudo, os padrões de lançamento existem apenas por uma questão prática e formal, já que infelizmente é difícil se manter o controle efetivo das fontes poluidoras com base apenas na qualidade do corpo receptor. A interrelação entre ambos os padrões se dá no sentido de que “um efluente, além de satisfazer os padrões de lançamento, deve proporcionar condições tais no corpo receptor, de tal forma que a qualidade do mesmo se enquadre dentro dos padrões para corpos receptores.” (VON SPERLING, 1995, p.43)

Os principais padrões de qualidade associados às diversas classes dos corpos hídricos encontram-se na Tabela 1, conjuntamente com os padrões de lançamento.

Parâmetro	Unidade	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Padrão de Lançamento
Cor	uH	30	75	75	-	-
Turbidez	uT	40	100	100	-	-
Sabor e Odor	-	VA	VA	VA	-	-
Temperatura	°C	-	-	-	-	<40
Material Flutuante	-	VA	VA	VA	VA	ausente
Óleos e Graxas	-	VA	VA	VA	(1)	(2)
Corantes Artificiais	-	VA	VA	VA	-	-
Sólidos Dissolvidos	mg/L	500	500	500	-	-
Cloretos	mg/L	250	250	250	-	-
pH	-	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	5 a 9
DBO₅	mg/L	3	5 ⁽³⁾	10 ⁽³⁾	-	(4)
DQO	mg/L	-	-	-	-	(4)
OD	mg/L	6	5	4	2	-
Sólidos em Suspensão	mg/L	-	-	-	-	(4)
Amônia	mg/L	0,02 ⁽⁵⁾	0,02 ⁽⁵⁾	-	-	5,0 ⁽⁵⁾
Subst. Potenc. Prejudiciais	-	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)
Coliformes Totais	org/100 ml	1.000	5.000	20.000	-	-
Coliformes Fecais	org/100 ml	200	1.000	4.000	-	-
Regime de Lançamento	-	-	-	-	-	(7)

Tabela 1: Resolução CONAMA nº 357, 17/03/05. Padrões de qualidade para os corpos d'água das diversas classes e padrão de lançamento.

FONTE: Von Sperling, 2005.

Notas:

- O quadro lista apenas os parâmetros principais

- Na Classe Especial não são apenas permitidos lançamentos de qualquer natureza, mesmo que tratados

- Em princípio, um efluente deve satisfazer, tanto ao padrão de lançamento, quanto ao padrão de qualidade do corpo receptor (segundo a sua classe). O padrão de lançamento pode ser excedido, com permissão do órgão ambiental, caso os padrões de qualidade do corpo receptor sejam resguardados, como demonstrados por estudos de impacto ambiental, e desde que fixados o tipo de tratamento e as condições para o lançamento.

- VA: virtualmente ausente

(1): Toleram-se efeitos Iridescentes, isto é, que gerem as cores do arco-íris

(2): Minerais: 20 mg/L; vegetais e gorduras animais: 50 mg/L

(3): Pode ser ultrapassado caso estudos de autodepuração indiquem que o OD deverá estar dentro dos padrões, nas condições críticas de vazão (média das mínimas de 7 dias consecutivos em 10 anos de recorrência)

(4): Consultar a legislação estadual pertinente

(5): Amônia: padrão do corpo receptor: amônia ionizada (NH₃); padrão de lançamento amônia total

(6): Várias substâncias: consultar a resolução

(7): Regime de lançamento: a vazão máxima deverá ser no máximo 1,5 vezes a vazão média do período de atividade do agente poluidor

2.4.2 Padrões de Potabilidade

Os padrões de potabilidade são definidos na Portaria nº 518, de 25/03/2004, do Ministério da Saúde. Os padrões de potabilidade estão diretamente associados à qualidade da água fornecida ao consumidor.

Uma água é dita potável quando é inofensiva a saúde do homem, agradável aos sentidos e adequada aos usos domésticos. É importante para que uma água seja considerada potável, que na fase de tratamento eliminem-se todas as substâncias originalmente presentes que lhe confirmem algum gosto ou cheiro característico. Paralelamente também não devem resultar alguma turbidez ou cor visual.

Segundo Dacach (1979) definem-se como padrões de potabilidade os limites de tolerância das substâncias existentes na água de modo a garantir-lhe as características de água potável. De um modo geral os padrões de potabilidade tornam-se mais rigorosos com o passar dos anos, visto que novas técnicas de tratamento e a evolução das tradicionais, associadas a novas descobertas científicas, principalmente no trato com as doenças transmissíveis através da água ou que têm nela uma parte de seu ciclo, vão permitindo este desenvolvimento. Também é de se esperar que em países mais desenvolvidos, estes padrões sejam mais rigorosos, considerando a maior disponibilidade de recursos e o maior domínio de tecnologias apropriadas.

Em linhas gerais estes padrões são físicos (cor, turbidez, odor e sabor), químicos (presença de substâncias químicas) e bacteriológicos (presença de microrganismos vivos). Normalmente as legislações específicas de cada região ou país, regem-se pelas recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS).

Com a evolução dos padrões de potabilidade no Brasil, e após um amplo processo de revisão da Portaria Nº 36, integrando diversos segmentos relacionados ao tema, foi publicada, em dezembro de 2000, a Portaria N.º 1469, com implementação efetiva em janeiro de 2003. Esta Portaria estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Com esta Portaria o Brasil definiu novo padrão de potabilidade para a água a ser consumida pela população. A partir de 2001, as empresas responsáveis pela captação, tratamento e abastecimento tiveram que estar mais atentas aos parâmetros de qualidade exigidos no Brasil.

Umas das novidades é que a referida portaria facilita para o consumidor o monitoramento da qualidade da água consumida no domicílio. Isso porque foram obrigadas as empresas de abastecimento enviar, para os consumidores, um relatório anual sobre a qualidade da água oferecida. As empresas também devem facilitar o acesso às informações sobre a água distribuída, possibilitando a consulta pública.

Essa revisão da portaria teve por base critérios de qualidade da água estabelecidos pela OMS, além de normas dos órgãos de controle de qualidade da água dos Estados Unidos e Canadá, entre outras contribuições.

O texto final da portaria supracitada foi aprovado pelo Ministério da Saúde e pela Comissão Intergestores Tripartite e é resultado de discussões realizadas entre os técnicos da Fundação Nacional de Saúde - FUNASA, órgão executivo do Ministério da Saúde, com o apoio da Organização Pan-americana de Saúde (OPAS) e dos seguintes órgãos e entidades: associações de empresas estaduais, municipais e de profissionais de saneamento, tais como: Associação das Empresas de Saneamento Básico Estadual - AESBE, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES e Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento - ASSEMAE; Secretaria de Desenvolvimento Urbano (SEDU), Conselhos Nacionais de Saúde e de Meio Ambiente (CNS e CONAMA); Ministério Público; Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA); Secretarias Estaduais e Municipais de Saúde; Agência Ambiental Americana (EPA/USA); Universidade de Adelaide (Austrália) e universidades brasileiras.

Segundo a legislação vigente as alterações mais relevantes em relação aos parâmetros anteriormente estabelecidos foram às seguintes:

- Definição dos deveres e das responsabilidades do nível federal, estadual e municipal da qualidade da água para consumo humano.
- Inclusão de mecanismos que possam impedir o uso de substâncias que, se presentes na água de consumo, mostram-se danosas à saúde humana.
- Valorização dos direitos do consumidor por intermédio da divulgação de informações sobre a qualidade da água consumida.
- Inclusão de definições de responsabilidades para os sistemas sob gestão pública ou privada, com relação ao fornecimento, captação, tratamento, controle e vigilância da qualidade da água de consumo humano.
- Retirada do rol de produtos a serem analisados, para detecção de resíduos, de alguns agrotóxicos que não são mais comercializados e outros proibidos de comercialização.

- Inclusão na listagem de produtos a serem analisados, para detecção de resíduos, de agrotóxicos desenvolvidos mais recentemente e comercializados sem que existisse, até o momento, a obrigação do seu controle por parte dos prestadores de serviços de abastecimento de água e a vigilância por parte do Setor Saúde.
- Aumento no número de parâmetros do padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam riscos à saúde, de 50 para 76, visando à melhoria da qualidade da água para consumo humano.
- Estabelecimento de limites de tolerância para organismo humano das cianobactérias (algas azuis) encontradas na água de consumo humano.

Atualmente a Portaria do Ministério da Saúde é a nº 518/2004, a mesma estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

2.5 PARÂMETROS DE CONTROLE DA QUALIDADE DE ÁGUA

Existem diversos parâmetros para representar a qualidade da água, através deles podem-se explicar as principais características físicas, químicas e biológicas. (Tabela 2).

Para que possa ser caracterizada a qualidade da água, devem ser realizadas coletas de amostras para fins de análises laboratoriais obedecendo às técnicas e os cuidados apropriados, a fim de determinar todos os parâmetros em questão.

Existem parâmetros que podem ser determinados em campo como a temperatura e o oxigênio dissolvido, através de um equipamento chamado oxímetro. Já outros parâmetros são determinados por titulometria, outros com equipamentos apropriados existentes no laboratório, tais como: peagâmetro, condutivímetro, espectrofotômetro, todas essas análises são feitas por métodos padronizados e em laboratório especializados.

CARACTERÍSTICA	PARÂMETRO	SÓLIDOS EM SUSPENSÃO	SÓLIDOS DISSOLVIDOS	GASES DISSOLVIDOOS
Parâmetros Físicos	Cor		X	
	turbidez	X		
	Sabor e Odor	X	X	X
Parâmetros Químicos	pH		X	X
	Alcalinidade		X	
	Acidez		X	X
	Dureza		X	
	Ferro e Manganês	X	X	
	Cloretos		X	
CARACTERÍSTICA	PARÂMETRO	SÓLIDOS EM SUSPENSÃO	SÓLIDOS DISSOLVIDOS	GASES DISSOLVIDOOS
Parâmetros Químicos	Nitrogênio	X	X	
	Fósforo	X	X	
	Oxigênio Dissolvido			X
	Matéria Orgânica	X	X	
	Metais Pesados	X	X	
	Micropoluentes Orgânicos		X	
Parâmetros Biológicos	Organismos Indicadores	X		
	Algas	X		
	Bactérias	X		

Tabela 2: Forma física preponderante representada pelos parâmetros de qualidade
FONTE: Von Sperling, 1995.

2.5.1 Indicadores Físicos da Água

Tem-se como parâmetros físicos da água, a cor, a turbidez, o sabor e o odor e a temperatura.

2.5.1.1 Cor

A cor resulta da existência, na água, de substâncias em solução; pode ser ocasionada pelo ferro ou manganês, pela decomposição da matéria orgânica da água (principalmente vegetais – ácidos húmicos e fúlvicos), pelas algas ou pela introdução de esgotos industriais (por exemplo, tinturarias, produção de papel, tecelagem) e esgotos domésticos. Segundo Von Sperling (1995), a cor da água não representa risco direto à saúde, mas causa certa desconfiança, além disso, a coloração da água contendo a matéria orgânica dissolvida responsável pela cor pode gerar produtos potencialmente cancerígenos (trihalometanos - THM).

Para caracterização de águas de abastecimento, deve-se distinguir entre cor aparente, na qual se considera as partículas suspensas, da cor verdadeira. A determinação da segunda realiza-se após centrifugação ou filtração da amostra em papel de filtro para remoção das partículas suspensas.

A determinação da intensidade da cor da água é realizada comparando-se a amostra com um padrão de cobalto-platina, sendo o resultado apresentado em unidades de cor (uC) ou unidade Hazen (uH). A portaria 518 da OMS estabelece para cor aparente valor máximo de 15 uC (LIBÂNIO, 2005, p.21).

As águas naturais apresentam, em geral, cor verdadeira variando de 0 a 200 uC, os valores inferiores a 10 uC são dificilmente perceptíveis. Corpos hídricos de cor naturalmente escura ocorrem em regiões ricas em vegetação e, conseqüentemente, de solos menos erodíveis. A Resolução do CONAMA Nº 357/05 limita a cor para Rio de classe II cor verdadeira de até 75mg Pt L⁻¹.

2.5.1.2 Turbidez

Segundo Libânio (2005), a turbidez se constitui em uma inferência de concentração de partículas suspensas na água obtida a partir de um feixe de luz através da amostra, sendo expressa por meio de unidades de turbidez (uT), também denominadas unidades de Jackson ou nefelométricas de turbidez.

A presença de matéria em suspensão na água, como argila, silte, substâncias orgânicas finamente divididas, despejos domésticos e industriais, erosão, organismos microscópicos e outras partículas, causam a turbidez na água. Apesar de não trazer inconvenientes sanitários diretos, a turbidez é esteticamente desagradável na água potável, e os sólidos em suspensão podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos e, podem ainda estar associada a compostos tóxicos.

Em uma água com turbidez igual a 10 uT, ligeira nebulosidade é notada, já com turbidez igual a 500 uT, a água é praticamente opaca (VON SPERLING, 1995).

É importante ressaltar que grande parte das águas de rios brasileiros é naturalmente turva em decorrência das características geológicas das bacias de drenagem, de altos índices pluviométricos e do uso de práticas agrícolas muitas vezes inadequadas. Por outro lado, regiões de clima frio, menos susceptíveis a precipitações intensas, apresentam águas naturais de turbidez significativamente mais baixa.

A Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde estabelece para águas de consumo humano limite máximo permissível de 1,0 uT. E para Rio de classe II a turbidez é de até 100 UNT, de acordo com a Resolução nº 357/05.

2.5.1.3 Sabor e Odor

A importância desse parâmetro testifica-se na significativa possibilidade de rejeição da população abastecida, de água adequada ao consumo e uso de outra fonte de qualidade duvidosa, mas sem odor e sabor.

O sabor e odor na água resultam de causas naturais como: algas, vegetação em decomposição, bactérias, fungos, compostos orgânicos, tais como gás sulfídrico, sulfatos e cloretos e artificiais sendo eles: esgotos domésticos e industriais. Não representa risco à saúde, mas consumidores podem questionar a sua confiabilidade, e buscar águas de maior risco. De acordo com a Resolução do CONAMA nº 357/05, substâncias que comuniquem gosto e odor deve ser virtualmente ausente.

2.5.1.4 Temperatura

Medida da intensidade de calor é um parâmetro importante, pois, influi em algumas propriedades da água, tais como: densidade, viscosidade, oxigênio dissolvido, com reflexos sobre a vida aquática.

A temperatura pode variar em função de fontes naturais como energia solar e fontes antropogênicas como despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas. Elevações da temperatura aumentam a taxa de transferência de gases, o que pode gerar mau cheiro, no caso da liberação de gases com odores desagradáveis.

Em termos de corpos d'água a temperatura deve ser analisada em conjunto com outros parâmetros, tais como oxigênio dissolvido. O padrão de potabilidade brasileiro não estabelece temperatura máxima para água de consumo, limitada em 15°C no padrão canadense e americano. Já a Resolução do CONAMA nº 357/05 estabelece a temperatura apenas para padrão de lançamento no corpo receptor.

2.5.2 Indicadores Químicos da Água

Os parâmetros químicos da água ocorrem em função da presença de substâncias dissolvidas, geralmente mensuráveis apenas por meios analíticos. Os parâmetros são:

2.5.2.1 pH

Potencial hidrogeniônico (pH), está relacionado com a concentração de íons hidrogênio H^+ nas águas e representa a intensidade das condições ácidas, neutras ou alcalinas do ambiente aquático. A faixa de pH é de 0 a 14.

O pH da água depende de sua origem e características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos, pH baixo torna a água corrosiva, águas com pH elevado tendem a formar incrustações nas tubulações, a vida aquática depende do pH, sendo recomendável a faixa de 6 a 9.

Esse parâmetro é frequentemente utilizadas na caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas, caracterização de águas residuárias, controle da operação de estações de tratamento de água, controle de operação de estações de tratamento de esgotos e caracterização de corpos hídricos. Valores elevados de pH em corpos d'água podem estar associados à proliferação de algas. (Von SPERLING, 1995)

2.5.2.2 Alcalinidade

De acordo com Libânio (2005) a alcalinidade das águas naturais é a capacidade de neutralizar ácidos (os íons H^+) ou a capacidade de diminuir variações significativas de pH (tamponamento), constituindo-se principalmente de bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e hidróxidos (OH^-). As três formas da alcalinidade manifestam-se em função do pH. Águas com pH entre 4,4 e 8,3 a alcalinidade será devido apenas aos bicarbonatos, já quando o pH estiver entre 8,3 e 9,4 a alcalinidade é devido aos carbonatos e bicarbonatos, e por fim para pH maior que 9,4 a alcalinidade decorre apenas aos bicarbonatos, sendo os principais, cálcio e magnésio.

A dissolução de rochas e a reação do CO_2 com a água que, são processos de origem natural, podendo alterar a alcalinidade na água e, de origem antropogênica tem-se os despejos industriais.

A alcalinidade na água também é causada por sais alcalinos, principalmente de sódio e cálcio, mede a capacidade da água de neutralizar os ácidos, em teores elevados, pode proporcionar sabor desagradável à água conferindo um gosto amargo, tem influência nos processos de tratamento da água, estando relacionada com a coagulação, reduz a dureza e prevenção da corrosão em tubulações e ainda é uma determinação importante no tratamento de esgotos, quando existem evidências de que a redução do pH pode afetar os microrganismos responsáveis pela depuração.

2.5.2.3 Acidez

Em contraposição à alcalinidade, a acidez é a característica química de neutralizar bases e também evitar alterações bruscas no pH, principalmente, à concentração de CO₂ nas águas (LIBÂNIO, 2005, p.31).

A acidez nas águas naturais está relacionada com o CO₂ absorvido da atmosfera ou resultante da decomposição da matéria orgânica, gás sulfídrico, despejos industriais (ácidos minerais ou orgânicos) e passagem da água por minas abandonadas, vazadouros¹¹ de mineração e das borras de minério.

Este parâmetro tem pouco significado sanitário, mas as águas com acidez mineral são desagradáveis ao paladar e também são responsáveis pela corrosão de tubulações e materiais. Esse parâmetro é frequentemente utilizado na caracterização de águas de abastecimento (inclusive industriais) brutas e tratadas.

2.5.2.4 Dureza

A dureza indica a concentração de cátions multimetálicos em solução na água, principalmente os cátions divalentes cálcio (Ca²⁺) e magnésio (Mg²⁺), e, em menor intensidade, alumínio (Al³⁺), ferro (Fe²⁺), manganês (Mn²⁺) e estrôncio (Sr²⁺). Em condições de supersaturação, esses cátions reagem com ânions na água, formando precipitados.

A dureza pode ser classificada como dureza carbonato e dureza não carbonato, dependendo do ânion com a qual está associada. A dureza é expressa em mg L⁻¹ de (CaCO₃), a água pode ser classificada em termos de dureza como (Von SPERLING, 1995):

¹¹ Local onde líquido ou detritos são despejados.

- Água mole: dureza menor que 50 mg/1 CaCO₃
- Dureza moderada: entre 50 e 150 mg/1 CaCO₃
- Água dura: entre 150 e 300 mg/1 CaCO₃
- Água muito dura: maior que 300 mg/1 CaCO₃

Não há evidências de que a dureza traga problemas sanitários, em teores elevados causa sabor desagradável e efeitos laxativos, reduz a formação da espuma do sabão, aumentando o seu consumo, provoca incrustações nas tubulações e caldeiras.

2.5.2.5 Ferro e Manganês

Podem originar-se da dissolução de compostos de rochas e solos ou de despejos industriais, o ferro é comumente encontrado nas águas naturais, superficiais e subterrâneas, estando presentes nas formas insolúveis (Fe⁺³) e dissolvida (Fe⁺²).

O ferro não apresenta inconveniente sanitário, mas de caráter econômico, por causar coloração avermelhada à água, manchando roupas e outros produtos industrializados, em concentrações superiores a 0,3mg L⁻¹ conferem sabor metálico à água, as águas ferruginosas favorecem o desenvolvimento das ferrobactérias, que causam maus odores e coloração à água e obstruem as canalizações. A portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde estabelece concentração máxima de ferro total de 0,3mg L⁻¹, igual ao valor adotado pelo padrão americano e canadense.(LIBÂNIO, 2005)

Segundo Libânio (2005) o manganês, embora menos abundante que o ferro, também se apresenta na forma dissolvida (Mn⁺²) e insolúvel (Mn⁺⁴) em menores concentrações quando comparadas ao ferro. Também não apresenta significado sanitário e os inconvenientes são de natureza estética. Pode favorecer o aparecimento de manchas em vestes e aparelhos sanitários de coloração marrom. O padrão de potabilidade brasileiro estabelece concentração máxima de 0,1 mg L⁻¹, já o americano e canadense, de 0,05 mg L⁻¹. Esses parâmetros em corpo hídrico é apenas padrão de lançamento de efluentes.

2.5.2.6 Cloretos

Os cloretos, geralmente, provêm da dissolução de sais (cloreto de sódio). Na grande maioria das águas naturais superficiais e subterrâneas, em maior ou menor quantidade,

contêm íons da dissolução de minerais, ou da intrusão de águas do mar, podem, também, advir dos esgotos domésticos ou industriais, e ainda de águas utilizadas em irrigação.

Apesar de não apresentar significado sanitário, em altas concentrações, conferem sabor salgado à água de consumo e maior índice de rejeição por parte da população abastecida. A Resolução do CONAMA nº 357/05 estabelece a concentração máxima para Rio de classe II de Cloreto Total sendo de até 250 mg L⁻¹ Cl.

2.5.2.7 Nitrogênio

O nitrogênio pode estar presente na água sob várias formas e estado de oxidação. No meio aquático, ele pode ser encontrado nas seguintes formas (LIBÂNIO, 2005):

1. Nitrogênio molecular (N₂), fugindo para a atmosfera;
2. Nitrogênio orgânico na forma dissolvida e em suspensão – compostos orgânicos nitrogenados – e particulada, integrando a biomassa dos organismos dos corpos d'água.
3. Amônia (NH₄⁺), está presente na forma reduzida em condições anaeróbias.
4. Nitrito (NO₂⁻) encontra-se na forma intermediária e instável da oxidação do amônio.
5. Nitrato (NO₃⁻), forma oxidada presente em condições anaeróbias e indicador de poluição remota por esgotos domésticos.

O nitrogênio é um elemento indispensável ao crescimento de algas, mas, em excesso, pode ocasionar um exagerado desenvolvimento desses organismos, fenômeno chamado de eutrofização. O nitrato, na água, pode causar a metemoglobinemia (síndrome do bebê azul). A amônia é tóxica aos peixes e o nitrogênio é um elemento indispensável para o crescimento dos microrganismos responsáveis pelo tratamento de esgotos.

São causas do aumento do nitrogênio na água o despejo de esgotos domésticos e industriais, fertilizantes, excrementos de animais.

A Resolução do CONAMA nº 357/05 estabelece os limites para nitrato (10 mg L⁻¹), nitrito (1,0 mg L⁻¹) e amônia (1,5 mg L⁻¹) para rios de Classe II.

2.5.2.8 Fósforo

Apresenta-se na água nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Sendo o fósforo menos abundante que o nitrogênio. Os ortofosfatos são diretamente

disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões a formas mais simples.

Nas águas naturais os ortofosfatos apresentam-se das seguintes formas (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , H_3PO_4), sendo HPO_4^{2-} a mais comum para a faixa de pH do meio aquático. Já os polifosfatos são moléculas mais complexas com dois ou mais átomos de fósforo. E o fósforo orgânico é geralmente o de menor importância, ambos se originam da dissolução de compostos do solo e decomposição de matéria orgânica (VON SPERLING, 1995).

Não apresenta problemas de ordem sanitária nas águas de abastecimento. O fósforo é um elemento essencial para o crescimento de algas, mas, em excesso, causa a eutrofização, é um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica.

Suas principais fontes são: dissolução de compostos do solo, decomposição da matéria orgânica, despejos de esgotos domésticos e industriais, fertilizantes, detergentes e excrementos de animais.

Em termos dos corpos d'água os valores de fósforo total podem ser utilizados como indicativos aproximados do estado de eutrofização de lagos: $\text{P} < 0,01 - 0,02 \text{ mg L}^{-1}$: não eutrófico, P entre $0,01 - 0,02$ e $0,05 \text{ mg L}^{-1}$: estágio intermediário, $\text{P} > 0,05 \text{ mg L}^{-1}$: eutrófico (VON SPERLING, 1995).

2.5.2.9 Oxigênio Dissolvido

A concentração de oxigênio dissolvido (OD) é reconhecidamente o parâmetro mais importante para expressar a qualidade de um corpo hídrico. Sendo o mesmo indispensável aos organismos aeróbios (que vivem na presença de oxigênio). Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, têm-se as condições anaeróbias (ausência de oxigênio), causando maus odores.

A água, em condições normais, contém oxigênio dissolvido, cujo teor de saturação depende da altitude e da temperatura, águas com baixos teores de oxigênio dissolvido indicam que receberam matéria orgânica, a decomposição da matéria orgânica por bactérias aeróbias é, geralmente, acompanhada pelo consumo e redução do oxigênio dissolvido da água, dependendo da capacidade de autodepuração do manancial, o teor de oxigênio dissolvido

pode alcançar valores muito baixos, ou zero, podendo vir a morrer diversos seres aquáticos, inclusive os peixes.

Além das ações antrópicas no lançamento de efluentes, as concentrações de OD podem variar naturalmente. Cursos d'água de velocidade mais elevada favorecem o aporte do oxigênio da atmosfera, enquanto em lagos e reservatórios, a concentração de OD pode superar à saturação em dias de intensa atividade fotossintética da comunidade algas e das plantas aquáticas. Esse fenômeno denominado supersaturação de OD somente pode ocorrer pela atividade fotossintética (LIBÂNIO, 2005,p.34).

Nos corpos d'água a solubilidade do OD varia com altitude e temperatura. Ao nível do mar, na temperatura de 20°C, a concentração de saturação é igual a 9,2 mg L⁻¹, valores superiores à saturação há indicação da presença de algas, já valores de OD bem inferiores à saturação são indicativos da presença de matéria orgânica, provavelmente esgotos. Com OD entre 4 – 5 mg L⁻¹ morrem os peixes mais exigentes, com OD igual a 2 mg L⁻¹ todos os peixes estão mortos e por fim com OD igual a 0 tem-se condições de anaerobiose. (Von SPERLING, 1995)

Segundo a Resolução nº 357/05 para Rio de classe II o oxigênio dissolvido não deve ser inferior a 5,0 mg/L de O₂, em qualquer amostra.

2.5.2.10 Demanda Bioquímica e Química de Oxigênio

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅) e Demanda Química de Oxigênio (DQO), expressam a presença de matéria orgânica, com isso torna-se um importante indicador de qualidade das águas. Ambos os parâmetros indicam o consumo de oxigênio (em mg/L) pelas bactérias na estabilização da matéria orgânica. A DQO é expressa como a quantidade de oxigênio consumido pela oxidação química, no teste específico, a mesma é utilizada para medir a quantidade de matéria orgânica das águas naturais e dos esgotos.

A DBO₅ é um parâmetro de fundamental importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água, a determinação da DBO₅ é realizada a partir da diferença na concentração de OD em amostra de água em período de 5 dias e temperatura de 20°C, enquanto que a DQO é realizada por titulação e o resultado sai em menos de 3 horas.

Dessa forma, se uma amostra de água natural apresentar DBO de 10mg/L indica que serão necessárias 10 mg/L de oxigênio dissolvido para estabilizar, em período de 5 dias, a 20°C, a quantidade de matéria orgânica biodegradável contida em 1 L da amostra (LIBÂNIO,2005,p.34).

É importante destacar que a DQO engloba a parcela estabilizada quimicamente, portanto, o seu valor é sempre superior ao da DBO₅. Nas águas naturais, comumente a DBO₅ deve ser inferior a 5 mg/L, são encontrados valores mais elevados em corpos d'água receptores de efluentes domésticos (DBO₅ da ordem de 300 mg/L), e industriais (varia amplamente, pois depende do tipo de processo industrial) ou de águas lixiviadas¹² de criatórios de animais (currais ou pocilgas).

2.5.2.11 Metais Pesados

Inúmeros metais pesados, são encontrados na forma dissolvida nos corpos d'água, sendo eles tóxicos ao homem, tais como: arsênio, cádmio, cromo, chumbo, mercúrio, prata, cobre e zinco.

Esses componentes, geralmente, são incorporados à água através de despejos industriais ou a partir das atividades agrícolas, de garimpo e de mineração. Os metais pesados são tóxicos tanto para os habitantes aquáticos como para os consumidores da água.

Esse parâmetro é frequentemente utilizado para caracterização de águas de abastecimento e águas residuárias brutas e tratadas como também para a caracterização de corpos d'água.

2.5.2.12 Pesticidas

São substâncias químicas utilizadas, principalmente na agricultura, no controle de pragas, tais como inseticidas, raticidas, herbicidas, fungicidas e formicidas. Esses produtos são tóxicos ao homem, aos peixes e a outros animais quando em concentrações elevadas do que aquelas consideradas críticas.

Segundo Libânio (2005), os pesticidas são divididos em organoclorados, organofosforados, organonitrogenados e carbamatos, apresentam toxicidade variada inferida em função de bioensaios nos quais se determinam as doses letais para 50% das cobaias. A grande presença de pesticidas organoclorados em amostras de água, principalmente nas superficiais, tem acontecido não só da extensiva aplicação agrícola e emissão industrial, mas também da aplicação direta em lagos e superfícies de rios para combater mosquitos e outros organismos.

12 Dissolução dos elementos solúveis que fazem parte de uma matéria pela ação de ácidos, solventes, etc.

[...] Diversas pesquisas comprovam que a presença de pesticidas organoclorados em águas de abastecimento eleva os riscos de câncer e causa danos ao fígado e aos sistemas nervosos, cardíaco, endócrino e reprodutor (LIBÂNIO, 2005, p.42).

A maioria dos pesticidas que apresenta baixa solubilidade na água tem tendência para se ligar fortemente ao solo. A estrutura e composição do terreno são fundamentais para definir a taxa de infiltração, pois solos ricos em argila e matéria orgânica não de absorver facilmente um composto pesticida do que solos arenosos e pobres em matéria orgânica.

Vale ressaltar que as características da água como pH, temperatura, concentração de partículas suspensas e de outras substâncias químicas dissolvidas implicam necessariamente diferentes destinos dos pesticidas.

2.5.3 Indicadores Biológicos da Água

As características biológicas da água têm sua relevância por manifestar a possibilidade de transmitir doenças e na modificação da matéria orgânica dentro dos ciclos biogeoquímicos de vários elementos como nitrogênio, através dos diversos microorganismos que habitam o meio aquático.

2.5.3.1 Bactérias Coliformes

São indicadores de presença de microorganismos patogênicos na água, os coliformes existem em grande quantidade nas fezes humanas e, quando encontrados na água, significa que a mesma recebeu esgotos domésticos, podendo conter microorganismos causadores de doenças associadas à água, denominadas de veiculação hídricas. São transmitidas pelos microorganismos patogênicos eliminados pelas fezes no meio aquático, podendo vir às pessoas que se abasteçam dessa água ou tenham contato direto com a mesma.

De acordo com Libânio (2005), o grupo coliforme apresenta muitas características que explicam o extensivo emprego como indicadores microbiológicos de qualidade de água, sendo: à elevada quantidade eliminada diariamente por um indivíduo de 1/3 a 1/5 do peso das fezes, culminando com concentrações nos esgotos domésticos 10^6 a 10^8 organismos/mL. Logo, aumenta-se a probabilidade da detecção dos coliformes nas amostras de água bruta e a possibilidade da presença de patogênicos associados a eles.

O grupo de bactérias denominadas termotolerantes, são capazes de fermentar a lactose em temperatura de aproximadamente $-44,5 \pm 0,2$ °C por um prazo de 24 horas,

incluindo predominantemente o gênero *Escherichia* e, em menor monta, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, os dois últimos passíveis de serem isolados em ambientes poluídos como água, solo e plantas. Esses gêneros apresentam percentual variável entre 3 e 4% nas fezes humanas e 3 a 8% nas fezes de animais. Assim, o impreciso termo coliforme fecais reporta-se às bactérias termotolerantes, incluindo os gêneros não necessariamente de origem fecal (CERQUEIRA; HORTA, 1999).

O termo coliforme totais agrupa um grupo mais amplo de bactérias aeróbias ou anaeróbias também capazes de fermentar a lactose de 24 a 48 horas à temperatura 35 a 37 °C. Diante disso, consolida-se no meio técnico a tendência do emprego do exame de *E. coli* no monitoramento da água bruta, com o objetivo de avaliar a probabilidade da presença de protozoários e outros patógenos, e de coliformes totais para os efluentes das estações de tratamento como balizador da qualidade da água tratada e da própria eficiência da potabilização (LIBÂNIO, 2005).

Segundo a Resolução do CONAMA nº 357/05 estabelece que para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros.

2.5.3.2 Algas e Cianobactérias

As algas desempenham um importante papel no ambiente aquático, sendo responsáveis pela produção de grande parte do oxigênio dissolvido do meio, através da fotossíntese.

De acordo com Libânio (2005) a interferência da presença de algas na potabilização das águas descortina-se em várias perspectivas de acordo com o grupo predominante, em alguns grupos interferem no tratamento das águas de diferentes formas, tais como: o aumento do consumo de produtos químicos, elevação da demanda de cloro na desinfecção, redução da sedimentação dos flocos e da carreira de filtração.

As algas em grandes quantidades, tem como resultado desse excesso de nutrientes a eutrofização e trazem também alguns inconvenientes, como: sabor e odor; toxidez, turbidez e cor, formação de massas de matéria orgânica que, ao serem decompostas, provocam a redução do oxigênio dissolvido e corrosão.

Uma das alternativas de controle da floração de algas consiste na pré-cloração ou aplicação de algicidas, tais como compostos de cobre, sulfato de cobre em maior escala e permanganato de potássio (LIBÂNIO, 2005, p.46).

2.6 USOS DA ÁGUA

Os principais usos da água são (VON SPERLING, 1995; BRAGA *et al*, 2005): abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação, dessedentação de animais, preservação da flora e fauna, recreação e lazer, geração de energia elétrica, navegação e diluição de despejos (Figura 3).

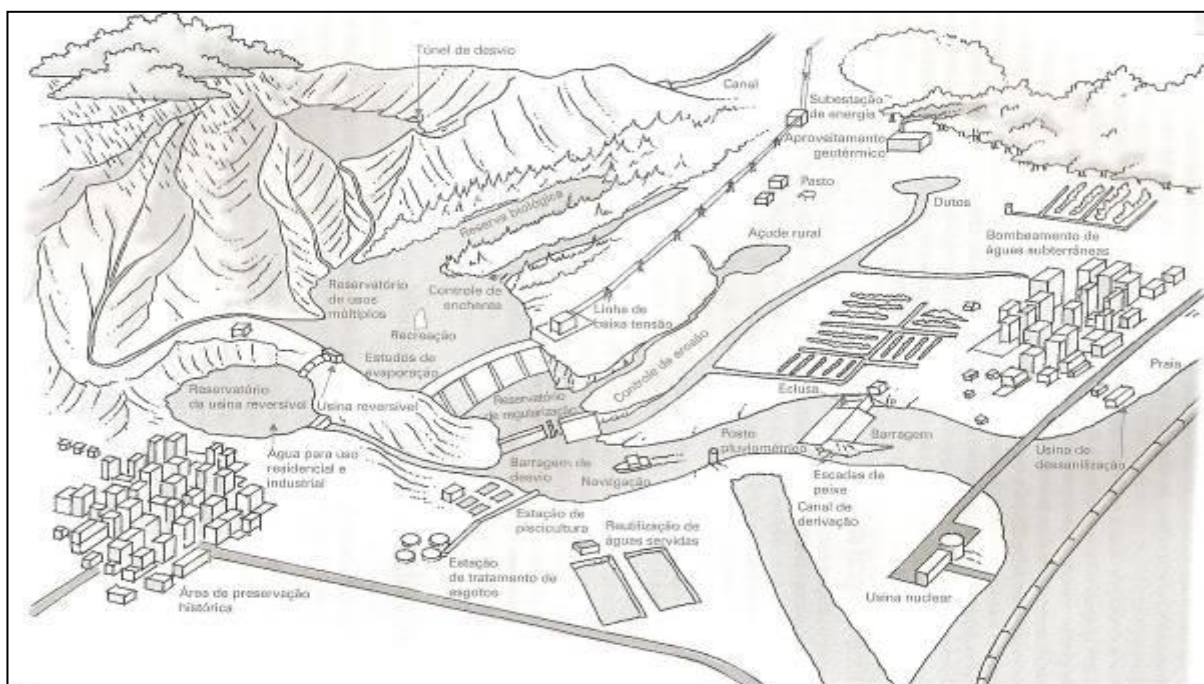


FIGURA 3: Usos da água.
FONTE: Braga *et. al*, 2005.

É importante destacar que os usos da água estão divididos em usos consuntivos e não consuntivos:

- Usos consuntivos estão relacionados aos que retiram a água de sua fonte natural diminuindo suas disponibilidades espacial e temporalmente (uso doméstico, irrigação, processos industriais, dessedentação).
- Usos não consuntivos estão relacionados aos usos que retornam à fonte de suprimento praticamente na totalidade da água utilizada, podendo haver alguma modificação no padrão

temporal de disponibilidade (hidroeletricidade, piscicultura, navegação, recreação). O uso não consuntivo pode, ainda, ser local, ou seja, refere-se àqueles que aproveitam a disponibilidade de água em sua fonte sem qualquer modificação relevante, temporal ou espacial (estuário, conservação, preservação).

2.7 AUTODEPURAÇÃO

2.7.1 Aspectos Gerais

Dois parâmetros têm sido usados como representativos do processo de autodepuração de recursos hídricos: a concentração de oxigênio dissolvido na água e o número de microrganismos patogênicos, representado pelo índice coliforme.

Em um corpo d'água que recebe determinada quantidade de matéria orgânica, presente em esgotos domésticos e em muitos despejos industriais, ou constituída de restos de vegetais, de animais, ou de outros detritos, ocorre um processo de decomposição desta matéria, por ação de bactérias, acarretando um consumo do oxigênio dissolvido no líquido.

Este consumo do oxigênio, pelas bactérias, resulta na redução do oxigênio dissolvido da água, cujo teor pode alcançar níveis muito baixos, podendo chegar à zero. A redução no teor de oxigênio dissolvido provoca mudanças do ponto de vista ecológico, no meio, refletindo-se sobre a fauna e a flora.

Um determinado corpo d'água, após receber uma carga poluidora orgânica, passa pelo processo de decomposição deste material e voltar às condições anteriores, em termos de teor de oxigênio dissolvido, pode não estar isento de outros poluentes, constituindo-se, portanto, um risco a sua utilização direta para abastecimento humano e outros usos.

A depuração, do ponto de vista sanitário, é avaliada através da verificação do decréscimo do número de coliformes na água, os quais são indicadores da presença de microrganismos patogênicos. Assim, quando se deseja estudar a capacidade de autodepuração de recursos hídricos, dois parâmetros, pelo menos, devem ser considerados: o oxigênio dissolvido, indicador dos processos bioquímicos de estabilização da matéria orgânica, estando, portanto relacionado com as variações da DBO₅ e o índice de coliformes, o qual está associado à depuração do ponto de vista bacteriológico (VON SPERLING, 1995).

2.7.2 Principais poluentes hídricos

O Quadro 4 apresenta os principais poluentes hídrico, associando-os às suas origens, ou seja, as fontes poluidoras, efeitos e indicadores.

Poluente	Origem	Efeito	Indicador de poluição
Matéria orgânica	Esgotos domésticos e alguns efluentes industriais (alimentos, papel, têxtil).	Reduz drasticamente o nível de oxigênio dissolvido. Por longos períodos, causa mudanças na flora e fauna aquáticas. Podem ser tóxicas.	DBO ₅ – Demanda bioquímica de oxigênio e DQO – Demanda química de oxigênio.
Óleos	Vazamento em tanque de estocagem, acidentes, efluentes de postos, oficinas.	Impede a absorção de oxigênio, o nível deste cai, inibindo a vida aquática. É tóxico para animais e plantas.	Óleos e graxas
Sólidos (em suspensão e sedimentáveis)	Esgotos domésticos e alguns efluentes industriais (argilas, carvão, porcelanas).	Aumento da turbidez, diminui a penetração de luz e a faixa fotossintética. Partículas finas sufocam as águas, modificando o ecossistema. Causam assoreamento.	SS – sólidos em suspensão, RS – resíduo sedimentável, turbidez
Temperatura	Águas de resfriamento industrial	Elevação da temperatura da água, reduzindo o nível de OD, ao mesmo tempo em que aumenta a atividade química e biológica	Temperatura
Nitratos	Uso de fertilizantes, efluentes de ETEs, percolação em lixões	Causa crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas daninhas. Contribui para eutrofização das águas. Tóxico para o homem	Nitrato
Fosfatos	Uso de fertilizantes e detergentes fosfatados. Indústria de alimentos.	Eutrofização das águas.	Fosfatos
Bactérias	Esgoto doméstico e hospitalar. Despejos de indústrias alimentícias.	Poluição fecal. Bactérias patogênicas encontradas nos esgotos podem causar doenças no homem e nos animais.	Índice de coliformes
Ácidos e álcalis	Despejos industriais, chuva ácida, escoamento em solos ácidos ou alcalinos	Tóxico para a vida aquática. Interfere na atividade química e biológica	pH
Metais	Agrotóxicos, poluição industrial, percolação em lixões, chumbo das canalizações	Tóxico ao homem. Acumulam-se nos ossos (chumbo), no sistema nervoso (mercúrio), atacam a medula óssea (cádmio). Biomagnificação. Reduzem a capacidade de autodepuração das águas	Metais

QUADRO 4: Principais poluentes das águas.

FONTE: Araújo (1997).

De maneira geral, pode-se dizer que qualidade de uma determinada água é função do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica. Em contraposição, à qualidade existente de uma determinada água, tem-se a qualidade desejável para esta água. A qualidade desejável para uma determinada água é função do seu uso previsto.

2.7.3 Fenômenos Interventores na Autodepuração

A autodepuração de recursos hídricos ocorre devido a fenômenos físicos, químicos e biológicos, os quais contribuem para a modificação, redução ou eliminação completa de alguns poluentes, na água. Estes fenômenos acontecem de forma conjunta, sendo, muitas vezes, difícil distingui-los isoladamente (VON SPERLING, 1995).

2.7.3.1 Fenômenos Físicos

- **Turbulência:** causada pela velocidade do líquido, acidentes do terreno e pela ação do vento. Proporciona a reoxigenação do meio, pois a turbulência provoca a fragmentação da camada superficial da água, que está sempre saturada de oxigênio, permitindo uma maior distribuição do oxigênio em toda massa líquida. Uma consequência negativa da turbulência é o arraste de lodos orgânicos do fundo, que a mesma pode provocar, contribuindo para aumentar a DBO₅ da água.
- **Sedimentação:** a ação da gravidade contribui para a deposição de areias e argilas, bem como de partículas orgânicas, favorecendo, assim, à redução da DBO₅. Proporciona, também, a remoção de microrganismos, os quais são arrastados para o fundo, junto com o material sedimentável.
- **Luz solar:** a luz solar, principalmente as radiações ultravioletas tem ação germicida, causando o extermínio de microrganismos. A incidência de a luz solar favorece a realização da fotossíntese, pelo fitoplâncton, contribuindo para a produção do oxigênio necessário às bactérias, na estabilização da matéria orgânica.
- **Temperatura:** as variações de temperatura podem provocar efeitos diversos na água: o seu aumento causa uma aceleração no metabolismo dos microrganismos, aumentando a velocidade do processo de estabilização da matéria orgânica. Por outro lado, maiores

temperaturas significam menores teores de oxigênio na água (o oxigênio dissolvido de saturação da água está associado à temperatura). De um modo geral, as condições de depuração de recursos hídricos são inferiores nas épocas de calor.

- **Diluição:** a diluição da carga poluidora em uma massa d'água é da maior importância no processo de depuração. Devido à diluição, os constituintes desta carga tornam-se menos concentrados e, portanto, têm reduzido os seus efeitos. Quanto maior for a capacidade diluidora (volume de água) do corpo receptor, maior será o seu poder de depuração. Este fenômeno deve ser considerado quando se deseja fixar a carga poluidora máxima que deve ser lançado em um determinado manancial.

2.7.3.2 Fenômenos Químicos

- **Reações de oxidação:** as reações de oxidação da matéria orgânica ocorrem devido aos processos de respiração dos organismos e, quando realizadas por seres aeróbios, provocam redução no oxigênio do meio.
- **Reações de redução:** entre os processos de redução química, destacam-se os de síntese orgânica, sendo mais importante o da fotossíntese, o qual resulta na produção de oxigênio.

Outro processo redutor importante na autodepuração é a desnitrificação, a qual consiste na ação de bactérias sobre os nitratos presentes no líquido, na busca de oxigênio, transformando-os em nitritos e, posteriormente, em nitrogênio gasoso. A desnitrificação ocorre, geralmente, em meios onde o oxigênio dissolvido está próximo de zero.

2.7.3.3 Fenômenos Biológicos

- **Predatismo:** destruição de microrganismos patogênicos por outros organismos.
- **Produção de antibióticos e toxinas:** alguns microrganismos aquáticos (bactérias, fungos, algas e protozoários) produzem substâncias que exercem ação antibiótica sobre alguns tipos de bactérias patogênicas.

- **Aglutinação:** alguns tipos de microrganismos têm a característica de aglutinar-se (Exemplo: bactérias *Zooglea*, responsáveis pela secreção de substâncias gelatinosas), podendo aderir às partículas em suspensão e serem arrastadas para o fundo. Este fenômeno é importante em alguns tipos de tratamento de esgoto, como no processo de lodos ativados.

O lançamento de matéria orgânica na água resulta no processo de estabilização desta por microrganismos, acarretando alterações nos teores de oxigênio dissolvido no corpo receptor. Inicialmente, ocorre uma redução no teor de Oxigênio Dissolvido e o aumento da Demanda Biológica de Oxigênio.

Todo manancial tem uma capacidade natural de repor o oxigênio utilizado pelas bactérias na decomposição da matéria orgânica através da absorção do oxigênio da atmosfera ou como resultado da atividade de organismos fotossintetizantes.

Como consequência destes processos de reoxigenação, a água pode recuperar suas condições anteriores, em termos de oxigênio dissolvido. Com o tempo, o teor de oxigênio aumenta, podendo chegar ao valor anterior ao do recebimento da carga poluidora. Conseqüentemente, a Demanda Bioquímica de Oxigênio da mistura diminui até alcançar o valor normal inicial.

Deve-se considerar que outros fenômenos também influem no processo de autodepuração da carga poluidora orgânica, contribuindo para que um manancial, após receber esse material, possa recuperar-se, voltando às condições iniciais.

Em alguns casos, no entanto, a capacidade de autodepuração da água é limitada, sendo a reposição de oxigênio insuficiente para cobrir o consumo. Nessas situações, o teor de oxigênio pode chegar à zero, com conseqüências desastrosas, pois o meio não oferece mais condições para a sobrevivência de organismos aeróbios.

O fenômeno de depuração da carga orgânica tem sido detalhadamente estudado e representa uma importante ferramenta nos trabalhos de controle da poluição de recursos hídricos.

O estudo do comportamento de um corpo receptor, após receber uma carga poluidora de característica predominantemente orgânica, vai indicar as medidas a serem adotadas visando compatibilizar o seu lançamento com a capacidade do manancial de recebê-la, de modo que sejam mantidas as condições necessárias à sobrevivência dos organismos aquáticos e sejam garantidos os usos previamente estabelecidos para a água.

Portanto é de grande relevância o conhecimento do fenômeno de autodepuração e da sua quantificação, tendo em vista os seguintes objetivos (VON SPERLING, 2007):

- Utilizar a capacidade de assimilação dos corpos d'água. Numa visão prática, pode-se considerar que a capacidade que um corpo hídrico tem de assimilar os despejos, sem apresentar problemas no aspecto ambiental, é um recurso natural que pode ser explorado.
- Evitar o lançamento de despejos acima do que possa suportar o rio. A capacidade de assimilação do corpo hídrico pode ser utilizada até um ponto admissível e não prejudicial, não sendo aceito o lançamento de cargas poluidoras acima deste limite.

A Figura 4 mostra as conseqüências do lançamento de uma carga orgânica em um curso d'água, em função do tempo ou da distância do ponto de descarga. Na mesma, estão indicadas as variações de algumas características da água, após a introdução da carga orgânica, tais como: oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, compostos de nitrogênio, bactérias, fungos e algas.

A curva que representa as variações do teor de oxigênio dissolvido é chamada de curva de Depressão de Oxigênio e sua equação tem sido amplamente usada no estudo do fenômeno de autodepuração de cursos d'água.

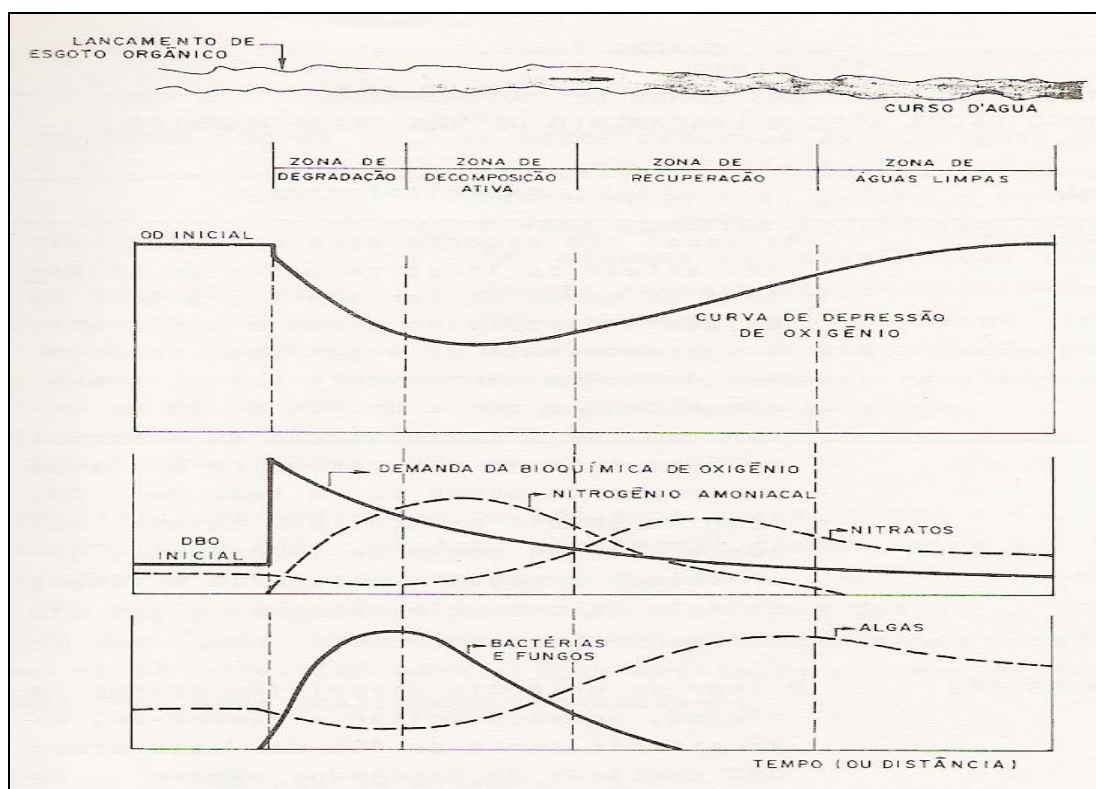


FIGURA 4: Conseqüências do lançamento de carga orgânica em um curso de água.
FONTE: Von Sperling, 2007.

2.7.4 Zonas de Autodepuração

Segundo Von Sperling (1995) a autodepuração é um processo que acontece ao longo do tempo e, deve ser considerada a dimensão de um corpo hídrico receptor como predominantemente longitudinal daí a sucessão ecológica pode ser associada às zonas físicas identificadas no rio.

Contudo, após o lançamento de um esgoto com carga orgânica em um curso d'água, podem ser distinguidos quatro trechos distintos, chamados de zonas de autodepuração. As características próprias de cada zona estão mostradas na Figura 5.

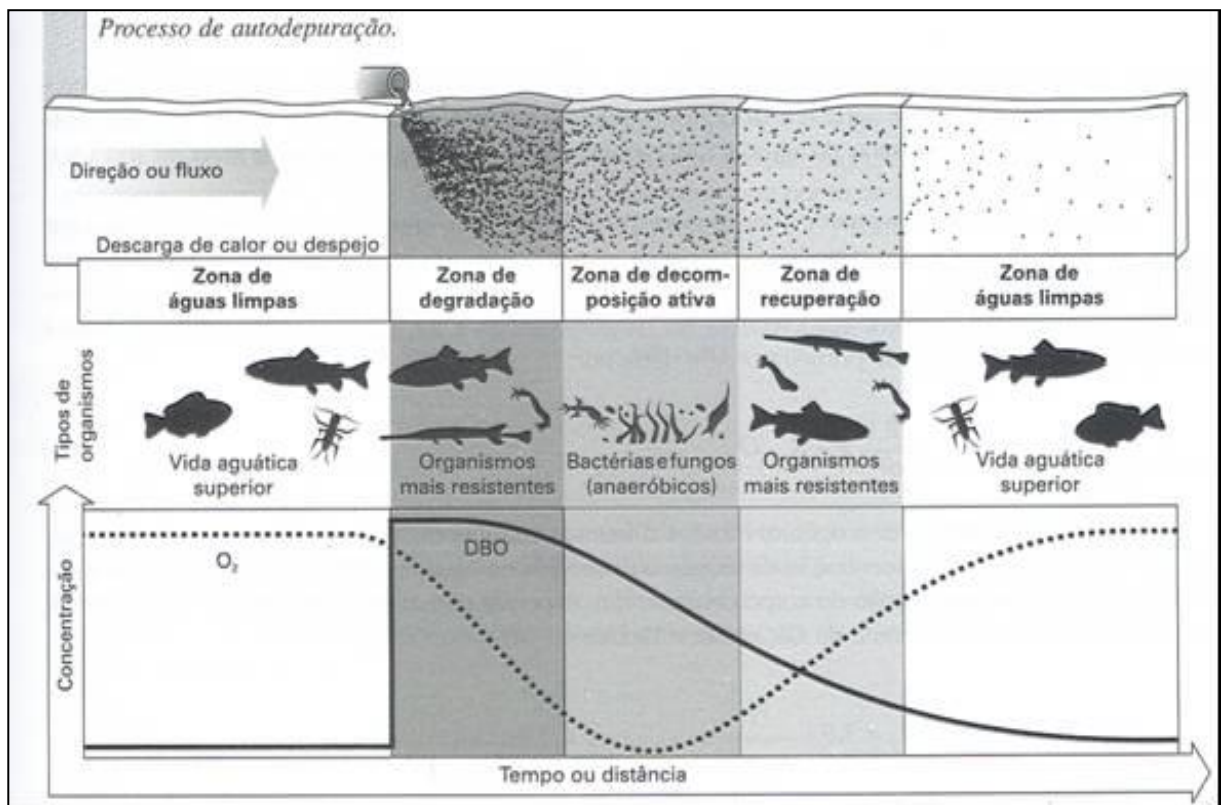


FIGURA 5: Zonas de Autodepuração

FONTE: Braga *et al* (2005)

O Quadro 5 mostra o detalhamento de cada zona de autodepuração e suas respectivas características.

Zonas	Características
Degradação	As águas têm aspecto escuro, sujo; peixes afluem ao local em busca de alimentos; no ponto de lançamento, o teor de oxigênio dissolvido ainda é suficiente a sobrevivência de organismos aeróbios, mas decresce rapidamente com o tempo, até alcançar cerca de 40% do OD da saturação; há a sedimentação do material sólido; teor de gás carbônico é tanto maior quanto menor for o teor de OD; teor de amônia cresce; DBO atinge valor máximo no ponto de lançamento, decrescendo a seguir; bactérias e fungos atingem valores elevados; as algas são raras.
Decomposição ativa	O teor de oxigênio dissolvido atinge o mínimo, podendo voltar a levar-se, até atingir cerca de 40% da saturação; DBO continua decrescendo; número de bactérias e fungos diminui; o nitrogênio ainda predomina na forma de amônia; organismos aeróbios são reduzidos ou eliminados.
Recuperação	A reaeração excede a desoxigenação e o teor de oxigênio cresce até atingir o valor inicial; águas têm aspecto mais claro; DBO continua diminuindo; o nitrogênio predomina nas formas de nitratos e nitritos, podendo ainda existir como amônia; número de bactérias é reduzido; peixes e outros organismos aeróbios voltam a aparecer; as algas proliferam.
Zonas	Características
Águas limpas	As águas retornam as condições primitivas, com relação ao OD, DBO e índices bacteriológicos; peixes e outros organismos aeróbios proliferam normalmente; algumas características indicam mudanças permanentes na qualidade das águas: aumento nos compostos inorgânicos, como os nitratos, fosfatos e sais dissolvidos, podendo resultar na intensa proliferação de algas.

QUADRO 5: Características das zonas de autodepuração de um curso d'água.

FONTE: Von Sperling (2007).

O teor de oxigênio de saturação das águas varia entre 7,5 e 9,5mg L⁻¹, nas condições usuais dos mananciais brasileiros. Este teor depende da altitude (pressão atmosférica) e da temperatura da água. Para uma mesma temperatura, quanto maior a altura, menor será o teor de oxigênio dissolvido de saturação. Também, o valor de saturação decresce com o da temperatura. O teor mínimo de oxigênio dissolvido a ser mantido nas águas tem sido limitado pelos órgãos de controle de poluição, com o objetivo de garantir as condições mínimas indispensáveis a sobrevivência de peixes e possibilitar o seu uso múltiplo. Este valor mínimo, geralmente fixado entre 4,0 e 5,0mg L⁻¹ é chamado de limite sanitário de OD. No Brasil, a Resolução CONAMA nº 357/2005 que classifica as águas e efluentes estabeleceu como sendo 4,0 mg L⁻¹ o mínimo de OD permitido para a água destinada ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional (Braga *et al*, 2005).

2.8 ESTUDOS SOBRE AUTODEPURAÇÃO EM CORPOS AQUÁTICOS

Alguns exemplos podem ser citados de estudos que envolvem a capacidade de autodepuração em alguns rios brasileiros, como é o caso do rio Corumbataí. Segundo Palma-Silva, Tauk-Tornisielo e Pião (2007), os impactos causados pelo esgoto doméstico, mineração e agroindústria, contribuem para o enquadramento das águas dentro da Classe 4, apesar do alto poder de depuração do rio Corumbataí. Logo, se não houver um planejamento regional adequado, políticas ambientais regionais com prioridade de ações, haverá nos próximos anos uma degradação do rio acarretando grandes problemas de abastecimentos.

De acordo com Sardinha *et al* (2005), num estudo feito para avaliar a qualidade da água e autodepuração do Ribeirão do Meio, Leme –SP, observou-se durante o estudo que o rio supracitado é enquadrado na Classe 2 e ao longo de seu curso as características deveriam ser compatíveis com essa classe. Entretanto, os parâmetros físico-químicos e químicos analisados indicaram que isto não acontece. A jusante do município de Leme, o Ribeirão do Meio passa a receber grande carga de vários elementos pelo lançamento de esgoto doméstico *in natura* neste rio. Identificou-se ainda as várias zonas de autodepuração e sugere a necessidade de tratamento de esgotos em nível secundário, com eficiência de 76% de remoção de DBO₅ para que as águas do Ribeirão do Meio sempre permaneçam com a concentração de oxigênio dissolvido acima de 5 mg/L, valor recomendado para seu enquadramento (Classe 2).

De acordo com Pinho (2001), em estudo realizado sobre a Qualidade das Águas do Rio Cachoeira – Região Sul da Bahia, onde sua bacia está inserida nas Bacias da Região Administrativa Leste da divisão hidrográfica do Estado da Bahia, proposta pelo Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bahia (1996), apresentou suas águas com temperatura entre 21,9 e 33,80 °C, pH variando de neutro a levemente básico, com decréscimo da condutividade desde a sua formação até próximo da desembocadura (km=45 P-8) quando a situação se inverte devido à influência da maré.

Na análise de Oxigênio Dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio, segundo resolução CONAMA nº 357/05, o rio é Classe 2 de Itapé até o Matadouro (trecho P3-P4), quando muda para Classe 3 ao receptor os esgotos do Matadouro, Itabuna e Indústria Alimentícia Coograp (trecho P4-P5), que promove um significativo processo de degradação da qualidade hídrica, persistindo as condições atuais, a tendência é um progressivo agravamento da poluição das águas do rio, em virtude do dinamismo da urbanização e industrialização na área de estudo. Ainda segundo a referida autora a análise de autodepuração mostra que o esgoto de Itapé e Salobrinho/UESC não impactam os seus

trechos e indica tratamento secundário para os efluentes do trecho P4 a P6, o que permitirá também reduzir a quantidade de coliformes total e fecal já que a situação atual é Classe 4, para este critério.

Segundo Pinho (2001), reconhece-se como válida e de grande importância a necessidade de implementação de rede de informações atualizadas de fontes poluidoras, com quantificação e qualificação dos efluentes. As ações antrópicas estão degradando o Rio Cachoeira, não há preservação qualitativa do curso d'água, vê-se como fundamental o investimento no tratamento das águas residuárias sem o que, alternativa alguma de gerenciamento poderá ser eficaz, principalmente em horizonte de médio e longo prazo.

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, foram desenvolvidas as seguintes atividades:

3.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE A TEMÁTICA

Embasamento teórico discutindo sobre o que vem a ser autodepuração, a filosofia que norteia as experiências que se inserem nessa temática e as principais consequências provocadas pela falta desta, nos aspectos sanitários, sociais e naturais, na bacia do rio Tambay/Bayeux/PB.

3.2 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO

Delimitação, reconhecimento, caracterização da área de estudo e registro fotográfico, através de visitas “*in loco*” e complementadas com levantamento de dados junto aos órgãos ambientais e à Prefeitura Municipal de Bayeux.

A cidade de Bayeux foi fundada no dia 15 de Dezembro de 1959, é um município brasileiro do Estado da Paraíba localizado na microrregião de João Pessoa. Banhado pelo Rio Sanhauá, tem como limites as cidades de João Pessoa a leste e Santa Rita a oeste. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano 2006 sua população era estimada em 95.004 habitantes (Mapa 1).

A cidade de Bayeux tem uma extensão de 32 Km², o município tem uma importante área representativa do ecossistema de manguezal, região que se mostra de grande importância para a preservação da fauna e da flora ameaçadas, mas ainda existentes no estuário do Rio Paraíba. Cerca de 60% do território municipal ainda são constituídos de manguezais e resquícios de Mata Atlântica, como a Unidade de Conservação Estadual da Mata do Xem-xem, com 181,22 ha.

Toda essa diversidade representa um relevante potencial para a geração de renda e empregos com a exploração do ecoturismo (ainda inexplorado pelo município), o qual pode ser viabilizado em virtude da proximidade com João Pessoa, bem como pela facilidade de acesso à própria cidade de Bayeux, que conta com rodovias federais e estaduais, o Aeroporto Internacional Presidente Castro Pinto, o maior do estado, e quilômetros de rios navegáveis. Esse potencial turístico já foi objeto de estudos de várias entidades estaduais importantes.

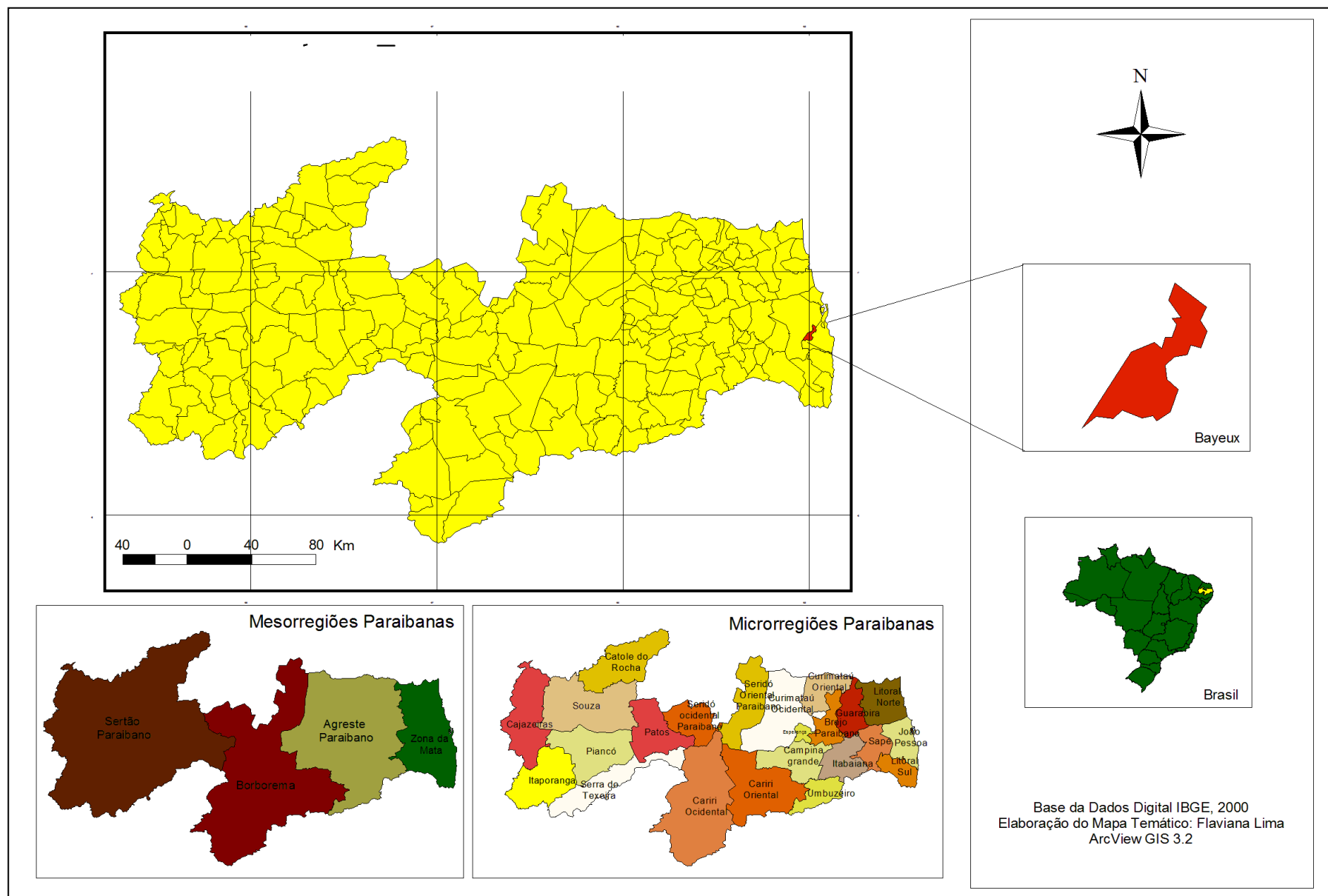
A Ilha do Eixo¹³, ainda parcialmente coberta de manguezais, é parte integrante de seu território e se situa no estuário do Rio Paraíba. O clima é quente e úmido e está inserida no bioma Mata Atlântica.

O Rio Tambay está localizado no município de Bayeux, Estado da Paraíba - Brasil, servindo em alguns pontos como limite intermunicipal entre os municípios de Bayeux e Santa Rita, tendo a sua foz localizada no Rio Paroeiras na cidade de Bayeux e a sua nascente no mesmo município, no bairro Alto da Boa Vista. O Rio tem uma extensão aproximada de 3,51 km da nascente à foz. Nas proximidades da nascente há o Açude Santo Amaro, que há alguns anos atrás teve seu vertedouro rompido e, atualmente, apresentam-se como dois corpos d'água distintos. Esta área está localizada em um vale profundo, há constantes movimentos de massa, mostrando vertentes bastante erodidas e, a margem dos corpos hídricos apresenta-se com bastante sedimento, que causa assoreamento do mesmo. Após cruzar a rodovia federal BR230, o Rio Tambay apresenta-se como um filete de água, cruzando áreas alagadas que podem ser entendidas como áreas de recarga e descarga de aquíferos.

A área de estudo abrange os bairros de Brasília, Tambay, Alto da Boa Vista, Centro e Jardim São Severino como mostra o Mapa 2. O Rio Tambay é um rio de regime perene e exorréico¹⁴. O Rio encontra-se atualmente bastante assoreado (Figura 6), ele também está bastante poluído, pois muitas comunidades se formaram ao longo do corpo hídrico como mostra a Figura 7, contribuindo significativamente para a degradação do mesmo.

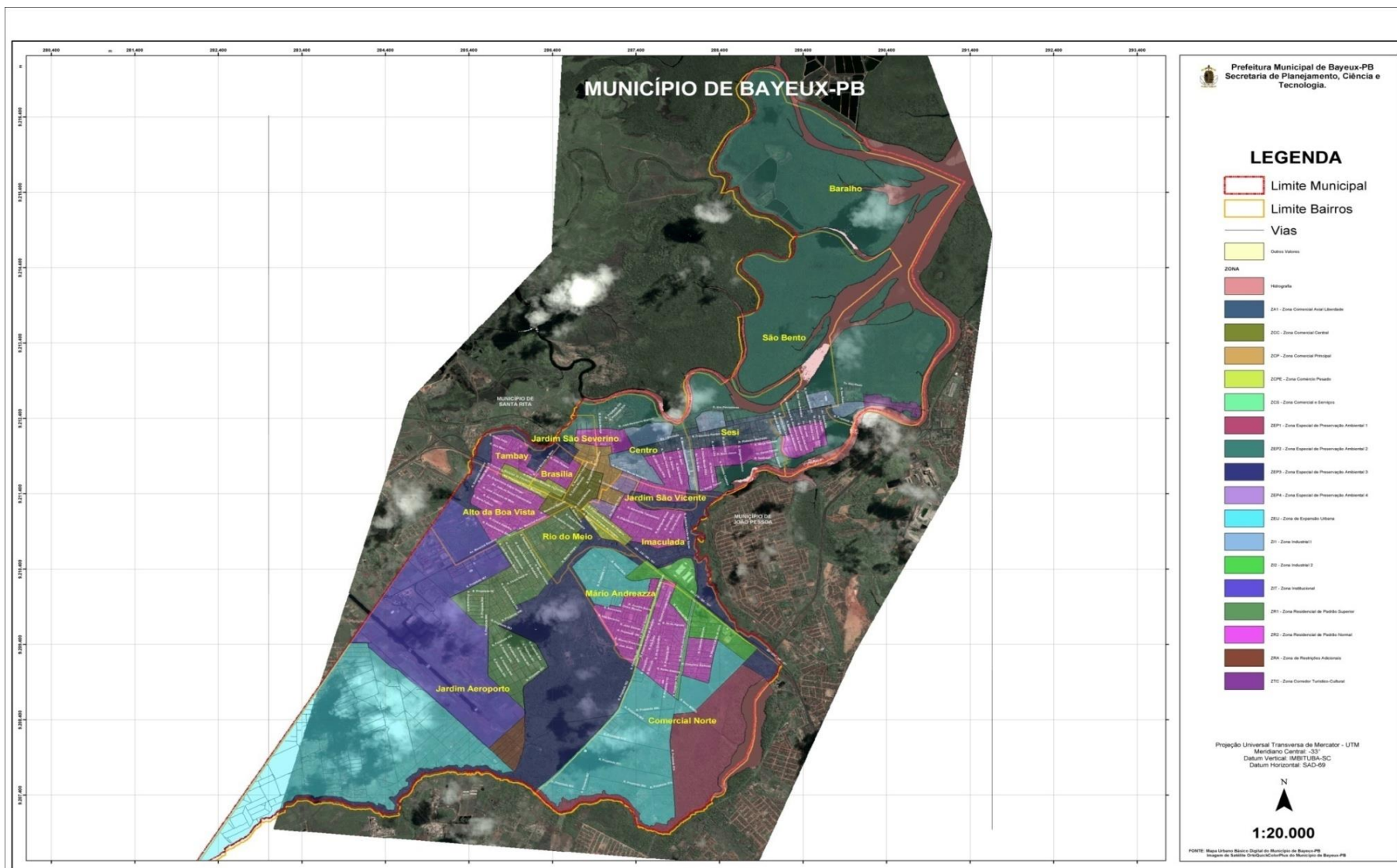
¹³ De propriedade particular, a ilha possui 1,6 km², dos quais 32 estão reservados à exploração - por uma empresa local e de maneira semi-intensiva - de camarão marinho.

¹⁴ Tem seu curso voltado para o mar.



MAPA 1: Localização do Município de Bayeux com suas respectivas Mesorregiões e Microrregiões.

FONTE: Elaboração Mapa Temático: Flaviana Lima, 2011.



MAPA 2: Zoneamento do Município de Bayeux.

FONTE: Prefeitura Municipal de Bayeux – Secretaria de Planejamento, Ciência e Tecnologia, 2010.



FIGURA 6: Assoreamento do Rio Tambay.
FOTO: Lima, 2011.



FIGURA 7: Comunidade Ribeirinha.
FOTO: Lima, 2011.

A cidade de Bayeux não possui sistema de esgotamento sanitário, as casas possuem fossa para o descarte efluentes proveniente do banheiro e os outros efluentes são jogados na rua sem nenhum constrangimento e sem nenhuma fiscalização. Esse efluente que é jogado na rua escoar para o rio (Figura 8). Em algumas comunidades ribeirinhas como o caso da do bairro Jardim são Severino faz sua ligação de esgoto direto no rio como pode ser observado na Figura 9.



FIGURA 8: Esgoto a céu aberto
FOTO: Falcão, 2010.



FIGURA 9: Ligação de esgoto doméstico.
FOTO: Falcão, 2010.

Como se pode observar nas imagens, Bayeux é uma cidade de condições sanitárias precária, e o poder público não toma nenhuma iniciativa para solucionar o problema que está por boa parte das ruas da cidade.

3.3 DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE COLETAS

Definição dos pontos de coleta de água para análise em laboratório. Os pontos foram determinados de acordo com a contribuição que cada um teria no estudo. Foram definidos cinco (05) pontos de coletas, denominados de P1(Nascente), P2(Piscina), P3(Br230), P4(Ponte), P5(Comunidade). O Quadro 6 mostra o georreferenciamento dos pontos de coletas.

Pontos	Coordenadas	
	E	N
P1 (nascente)	284983 UTM	9211269 UTM
P2 (Piscina)	285064 UTM	9211373 UTM
P3 (BR)	285481 UTM	9211933 UTM
P4 (Ponte)	285598 UTM	9212197 UTM
P5 (Comunidade)	286592 UTM	9212594 UTM

QUADRO 6: Coordenadas dos pontos de coletas em no Rio Tambay, Bayeux.

FONTE: Trabalho de campo, 2009.

3.4 CARACTERÍSTICAS DOS PONTOS DE COLETAS DE ÁGUA

Os pontos de coletas foram definidos através de uma visita *in loco* e com a marcação em um GPS (TRIMBLE, modelo Juno), observando bem a contribuição que cada um teria ao longo do curso do rio. Foram definidos cinco (05) pontos de coletas, e a cada um foi atribuído um nome, para facilitar a coleta e as análises durante a pesquisa (Figura 10).



FIGURA 10: Demarcação dos pontos de coleta de amostra d'água na Bacia hidrográfica do rio Tambay.
FONTE: Google Earth, 2010, adaptação Jakeliny Falcão.

- Ponto 1 (Nascente): é área de nascente e está localizado no bairro Alto da Boa Vista, próximo ao aeroporto, no local há presença de restos de mata atlântica e vegetação de mangue inclusive dentro do rio. Neste ponto encontra-se um balneário chamado de Brisa Mar onde fizeram barramentos para construção de piscinas, mas as mesmas foram desativadas para preservação da nascente (Figura 11).



FIGURA 11: Localização do ponto 1 (Nascente).
FOTO: Falcão, 2011.

- Ponto 2 (Piscina): esse ponto encontra-se próximo a nascente dentro do balneário, após um barramento, onde existe piscinas que antigamente eram utilizadas para treinamento do exército. As características físicas são as mesmas, com um diferencial de que a população tem acesso a esse local diferentemente da nascente que é mais preservado e ainda ele apresenta-se como um filete d'água. Esse ponto pode ser observado na Figura 12.



FIGURA 12: Localização do ponto 2 (Piscina).

FOTO: Falcão, 2011.

- Ponto 3 (Br 230): está localizado nas proximidades da BR 230, no bairro Tambay, próximo a esse ponto, há a criação de animais e ainda pode ser encontrado resto de asfalto dentro do rio. Nesse trecho, o rio encontra-se bastante assoreado e sua vegetação desmatada. Com a obra de duplicação da BR 230 o referido rio está sofrendo cada vez mais impactos negativos, pois não bastasse a população jogar lixo e esgoto o poder público também executa essa prática (Figura 13).



FIGURA 13: Localização do ponto 3 (Br 230).
FOTO: Lima, 2011.

- Ponto 4 (Ponte): está localizado no bairro de Tambay, lá encontra-se uma cultura hidropônica onde há o cultivo de alface. Esse ponto é um dos mais difíceis de ser coletado, pois tem que coletar de cima de uma ponte, já que nas margens tem muita lama, lixo e vegetação de várzea. Pode ser visto nesse ponto a criação de animais e as crianças tomando banho (Figura 14).



FIGURA 14: Localização do ponto 4 (Ponto).
FOTO: Lima, 2010.

- Ponto 5 (Comunidade): este ponto localiza-se no bairro de Jardim são Severino nas proximidades da foz, nesse trecho do rio há comunidade subnormais, que vivem as margens do mesmo, de forma precária e subumanas, quando o nível do rio sobe alaga essas casas, causando doenças de veiculação hídrica. Os moradores dessa área ainda depositam os resíduos sólidos e lançam seus esgotos diretamente no rio (Figura 15). Segundo relato dos moradores residentes já apareceu jacaré nesse ponto.



FIGURA 15: Localização do ponto 5 (Comunidade).
FOTO: Lima, 2010.

3.5 MEDIÇÃO DE VAZÃO

Foi realizada uma medição de vazão no mês de julho de 2010 (período de chuva na região), a mesma foi feita utilizando um molinete, que é um método que pode ser utilizado para determinação de vazão em pequenos corpos aquáticos. E a outra medição de vazão foi feita em março de 2011 (no período de estiagem).

Dos cinco pontos de coletas o procedimento de medição de vazão só foi realizado em P4 (ponte) e P6 (comunidade), por falta de fluxo suficiente para tal atividade nos demais pontos.

TABELA 3: Medição de vazão nos pontos de coletas.

Pontos	Medição de Vazão	
	Julho/2010	Março/2011
P1 (nascente)	Não foi possível medir.	Não foi possível medir.
P2 (Piscina)	Não foi possível medir.	Não foi possível medir.
P3 (BR)	Não foi possível medir.	Não foi possível medir.
P4 (Ponte)	V= 55,27L/s	V= 42,52L/s
P5 (Comunidade)	V= 102,6L/s	V= 99,86L/s

FONTE: Trabalho de campo, 2010 e 2011.

As Figuras 16 e 17 mostram a realização da medição de vazão no Rio Tambay.



Figura 17: Medição de Vazão no P4.

FOTO: Falcão, 2010.



Figura 16: Medição de Vazão no P6.

FOTO: Falcão, 2010

3.6 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Para a realização das análises dos resultados, pesquisou-se também dados dos índices pluviométricos do município de Bayeux, nos meses que correspondentes aos das coletas, ou seja, de julho de 2009 a março de 2011 (Gráfico 1), a fim de poder realizar comparações dos resultados obtidos nos parâmetros estudado com o período chuvoso, tendo em vista que na maioria dos pontos de coleta a não foi possível medir a vazão.

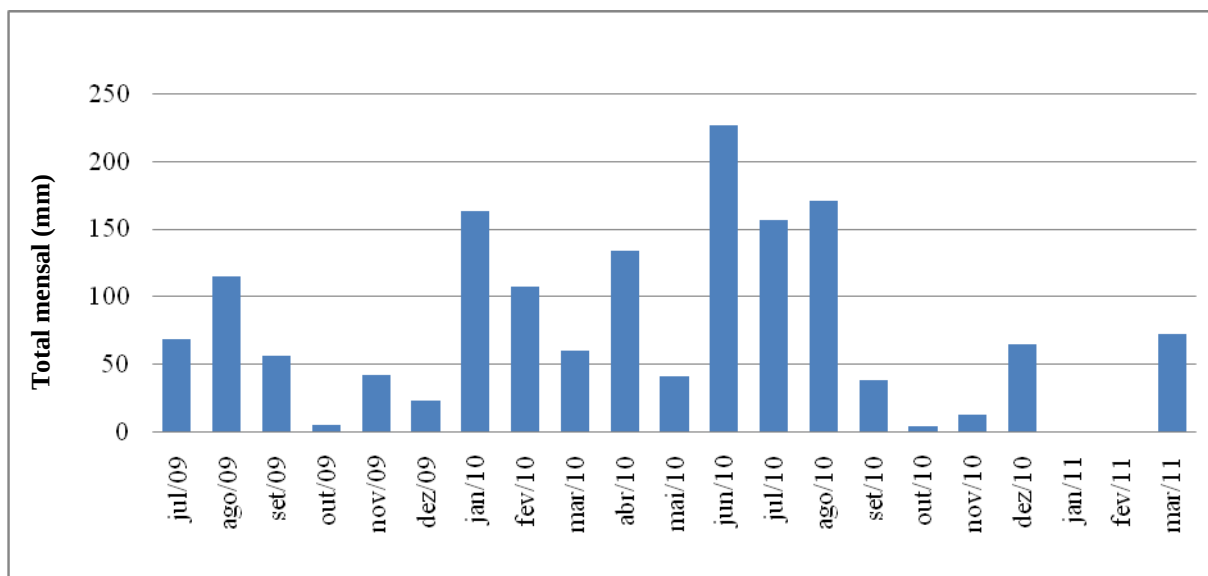


GRÁFICO 1: Índices pluviométricos da cidade de Bayeux.

FONTE: Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA, 2010.

3.7 USOS DA ÁGUA

Caracterização dos principais usos da água da área estudada. Levantamento das principais fontes de degradação ambiental e contaminação dessa água, em decorrência de atividades antrópicas desenvolvidas na área delimitada.

3.8 COLETAS DE ÁGUA E ANÁLISES DA ÁGUA

A cada dois meses eram realizadas as coletas de água. Foram feitas dez (10) coletas no período de Julho de 2009 a Março de 2011, onde de outubro à Dezembro de 2010 as coletas foram realizadas mensalmente a fim de observar se haveria diferença com as coletas feitas a cada dois meses. Durante a coleta era medido o Oxigênio Dissolvido com um Oxímetro (AT – 170 Oxímetro microprocessado) e a Temperatura em cada ponto de coleta.

As análises da água foram realizadas através dos parâmetros físicos e químicos e biológicos, sendo: oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes, pH, cor, turbidez, nitrogênio e sólidos totais, foram realizadas no Laboratório de Saneamento do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, utilizando as metodologias preconizadas no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (1998).

Os métodos de determinação das análises realizadas, na presente pesquisa, estão apresentados no Quadro 7.

CLASSE II - ÁGUAS DOCES	
PARÂMETROS	MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO
Cor	Comparação Visual
pH	Eletroanalítica
Turbidez (NTU)	Método Nefelométrico
STD (Sólidos totais dissolvidos)	Potenciométrico
Amônia	Eletroanalítica
Nitratos	Espectrometria de UV – Visível
Nitritos	Espectrometria de UV – Visível
O.D (Oxigênio Dissolvido)	Eletroanalítica
DBO (Demanda Bioquímica Oxigênio)	Potenciométrico por depleção incubada de oxigênio
Coliformes Termotolerantes	Métodos dos tubos múltiplos

QUADRO 7: Métodos utilizados para realização das análises de cada parâmetro estudado.

FONTE: Dados da Pesquisa, 2011.

3.9 AVALIAÇÃO DA AUTODEPURAÇÃO

A autodepuração utilizando como parâmetros de qualidade da água o oxigênio dissolvido, a DBO₅ e os coliformes termotolerantes do Rio Tambay, foi realizada através da elaboração de gráficos, para que possa ser analisado o comportamento desses parâmetros ao longo do curso do rio, ou seja, nos cinco pontos de coleta.

3.9 ANÁLISES DOS DADOS

Avaliação dos dados e discussão, com elaboração de gráficos que possa dar um diagnóstico das condições sanitárias ambientais da qualidade da água do rio Tambay. Nessa discussão são consideradas as legislações brasileiras vigente e a análise comparativa dos dados de qualidade da água determinados neste trabalho e aqueles obtidos junto a Resolução do CONAMA nº 357/05. Através dos dados obtidos e com a elaboração dos gráficos pode-se avaliar se o referido rio tem capacidade ou não de se autodepurar.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 OS USOS DA ÁGUA NA BACIA DO RIO TAMBAY

Na bacia do Rio Tambay pode ser observado diversos usos da água como: plantação de hortaliças as margens do rio, onde a água do próprio rio é utilizada para irrigação das mesmas (Figura 18). Próximo a nascente existe um balneário que também é utiliza água do rio para atividade de recreação e lazer da população (Figura 19). A água do rio ainda é utilizada para dessedentação de animais (Figura 20). A Figura 21 mostra o lançamento de efluentes domésticos no rio supracitado.



Figura 19: Plantação de Hortaliças.
FOTO: Lima, 2010.



Figura 18: Balneário Brisa Mar.
FOTO: Lima, 2010.



FIGURA 21: Dessedentação de Animais.
FOTO: Lima, 2010.



FIGURA 20: Diluição de Despejos.
FOTO: Lima, 2010.

Na referida área de estudo, foram encontrados vários tipos de resíduos gerados das mais diversas atividades como: lixo orgânico, restos de podas, resíduos da construção civil, embalagens de agrotóxicos, entre outros.

A cidade de Bayeux possui coleta de lixo, o carro coletor passa nas ruas três vezes por semana para coleta do mesmo, mas a população joga o lixo em terrenos baldios e no Rio Tambay (Figuras 22 e 23).



FIGURA 23: Lixo em Terrenos Baldios.
FOTO: Lima, 2010.



FIGURA 22: Resíduos Sólidos no Rio.
FOTO: Lima, 2010.

Nas ruas da cidade o lixo é descartado à céu aberto, acarretando poluição visual (Figura 24) e provocando o mau cheiro, que pode ser sentido por todas as ruas. A Figura 25 mostra o flagrante de um morador lançando lixo no rio. Esse local é conhecido como “Buracão” pela comunidade, pois é lá que a população deposita seus resíduos sólidos, provocando assim a proliferação de insetos, baratas, roedores, dentre outros, sendo esses responsáveis por várias doenças entre os moradores daquela área.



FIGURA 25: Lixo pelas ruas de Bayeux.
FOTO: Lima, 2009.



FIGURA 24: Morador lançando lixo no Rio.
FOTO: Lima, 2009.

É visível a falta de educação da população residente, os moradores têm consciência dos danos causados pelos resíduos lançados em lugares indevidos, mas mesmo assim continuam com essa prática, fazendo com que a cidade torne-se cada vez mais suja e o rio mais poluído (ALVES, 2010).

4.3 AVALIAÇÃO DA AUTODEPURAÇÃO DO RIO TAMBAY

Para a realização da avaliação da autodepuração do rio Tambay, foram selecionados os seguintes parâmetros: cor, turbidez, pH, nitritos, nitratos, sólidos totais, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e coliformes termotolerantes. Após serem feitas as análises e computado os resultados, os mesmos foram confrontados com os estabelecidos pela Resolução do CONAMA nº 357/05, para rios de água doce, classe II (Quadro 8).

CLASSE II - ÁGUAS DOCES	
Parâmetros	Valores permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/05
Cor	Até 75 mg Pt L ⁻¹
Turbidez	100 UNT
pH	6,0 a 9,0
STD (Sólidos totais dissolvidos)	500 mg L ⁻¹
Amônia	0,5 - 3,7 mg L ⁻¹ N
Nitritos	1,0 mg L ⁻¹ N
Nitratos	10,0 mg L ⁻¹ N
O.D (Oxigênio Dissolvido)	Não inferior a 5,0 mg L ⁻¹ O ₂
DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio)	Até 5,0 mg L ⁻¹ O ₂
Coliformes Termotolerantes	1000/100mililitros

QUADRO 8: Parâmetros de qualidade de água.

FONTE: Resolução CONAMA 357/2005.

Segundo a Superintendência de Administração do Meio Ambiente – SUDEMA (2011), o rio Tambay ainda não foi enquadrado em nenhuma classe de qualidade de água. Por este caso, a Resolução CONAMA 357/05 sugere o enquadramento provisório na classe II. Portanto, as análises dos parâmetros analisados foram comparadas com os limites permitidos pela Resolução do CONAMA nº 357/05 para essa categoria de rio.

4.3.1 Parâmetros Analisados para Avaliação da Autodepuração do Rio Tambay

a) Cor

De acordo com as análises realizadas durante a pesquisa, onde se utilizou o método do disco de coloração (Colorímetro Nessler Quanti 200), pode-se observar que na maioria dos meses de coleta não houve uma variação significativa. Os valores encontrados ficaram dentro do limite permitido pela Resolução do CONAMA 357/05, para águas doces - Classe II, ou seja, até 75 mg Pt L⁻¹. Enquanto que no período de abril/10 a agosto/10 e março de 2011 os pontos 3, 4 e 5 apresentaram valores acima do permitido pela referida Resolução, isso ocorreu, provavelmente, por ser período de chuva na região que teve índices pluviométricos variando entre 226,2, 134,4, 73,1(mm), já que a coloração da água pode ocorrer pelo

importante indício de fenômeno natural como: lavagem de solo pelas enxurradas. A cor também pode ser alterada devido à proliferação de algas causada pelo lançamento de esgotos sem tratamento no corpo hídrico. A evolução desse parâmetro pode ser observada no Gráfico 2.

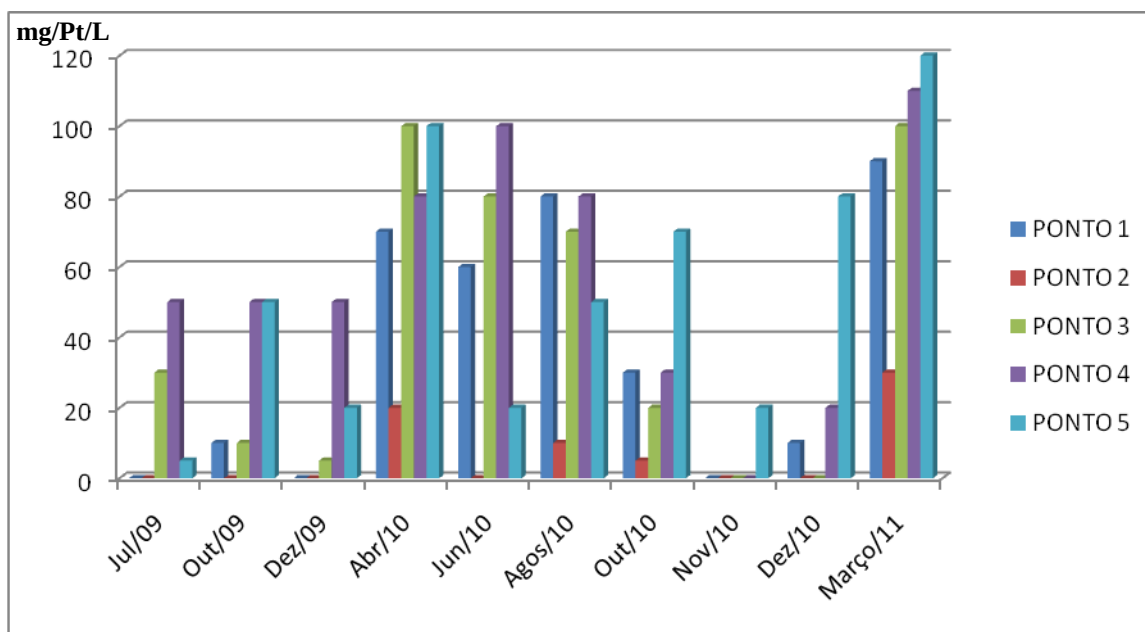


GRÁFICO 2: Evolução da cor nos pontos de coleta.
FONTE: Dados da pesquisa, 2009 e 2010.

A Quadro 9 apresenta os valores máximo, mínimo e médio, e o desvio padrão do parâmetro cor no período de Julho de 2009 a março de 2011, nos cinco pontos de coleta.

Cor	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
Valor Máximo	80,00	20,00	100,00	100,00	100,00
Valor Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00
Média	35,00	7,25	41,5	57,00	53,5
Desvio Padrão	53,04	8,17	59,58	67,70	70,12

QUADRO 9: Valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão do parâmetro cor.
FONTE: Trabalho de campo, 2009 e 2011.

b) Turbidez

Nas análises realizadas no laboratório pode-se observar que a turbidez manteve-se dentro do estabelecido pela Resolução nº 307/05 que para águas doces - Classe II, que tem como limite máximo 100 UNT. Pode-se observar que ao longo da pesquisa, no período

chuvoso, a turbidez teve um aumento, pois, provavelmente, nesse período ocorreu erosão do solo, provocada pelas chuvas, arrastando para dentro do rio partículas de rochas e argilas, contribuindo, assim, para o aumento desse parâmetro, que consequentemente teve um aumento na Cor também. Contudo, em todas as coletas e em todos os pontos a turbidez esteve dentro do padrão estabelecido pela Resolução supracitada. O Gráfico 3 mostra a evolução da turbidez ao longo da pesquisa.

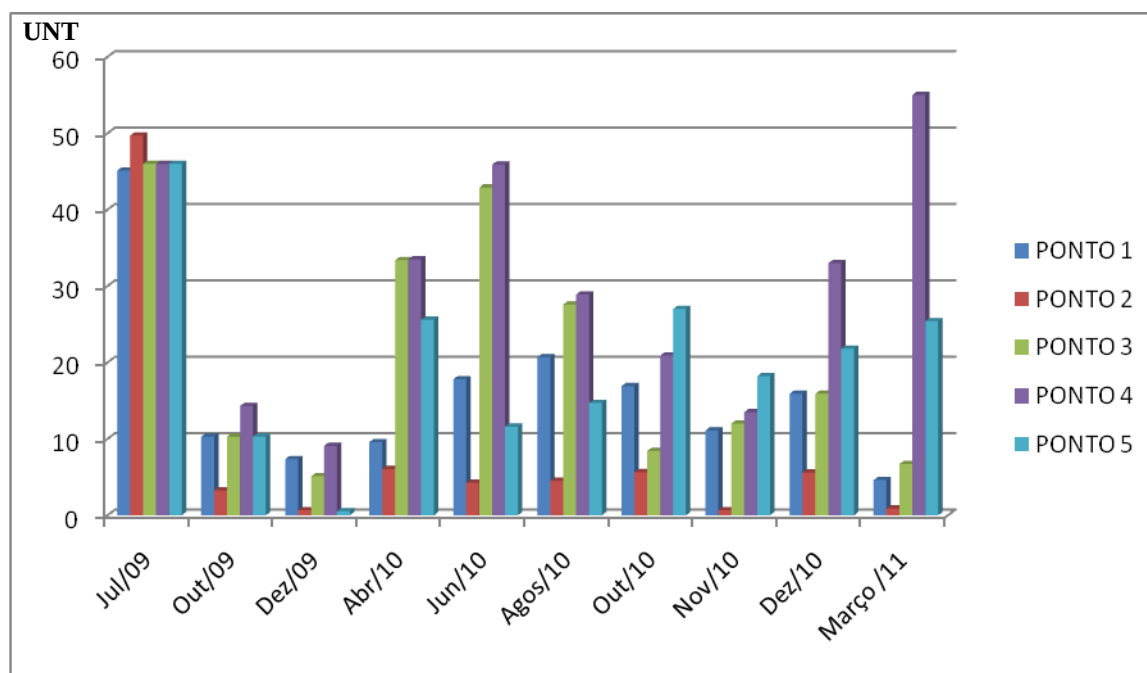


GRÁFICO 3: Evolução da turbidez nos pontos de coleta.

FONTE: Dados da pesquisa, 2009 e 2011.

A Quadro 10 apresenta os valores máximo, mínimo e médio, e o desvio padrão do parâmetro turbidez no período de Julho de 2009 a março de 2011, nos cinco pontos de coleta.

Turbidez	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
Valor Máximo	45,1	49,70	46,00	46,00	46,00
Valor Mínimo	7,34	0,65	5,11	9,08	0,53
Média	15,93	8,12	20,83	30,00	20,11
Desvio Padrão	16,77	14,45	23,56	32,21	20,98

QUADRO 10: Valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão do parâmetro turbidez.

FONTE: Trabalho de campo, 2009 e 2011.

c) pH

Segundo a Resolução do CONAMA Nº 357/05 para águas doces - Classe II o pH, deve situar-se na faixa entre de 6,0 e 9,0. Durante o período estudado, foram encontrados valores de pH na faixa entre 6,0 e 8,0, que estão de acordo com os valores estabelecidos, pela Resolução supracitada. Os valores de pH que ultrapassaram o valor 7,0 pode ser explicado pelo fato das características geográficas do corpo d'água, já que o mesmo é um rio urbano e alguns pontos de coletas estão próximos a vias públicas bastante movimentadas, onde há liberação de gás carbônico.

Nas coletas dos meses de outubro e dezembro de 2010 o pH do ponto 1 ultrapassou o valor de 8,0 (Gráfico 4), isso pode ter ocorrido devido a transferência de gases pelo meio natural, já que esse ponto de coleta tem vegetação abundante no leito do rio.

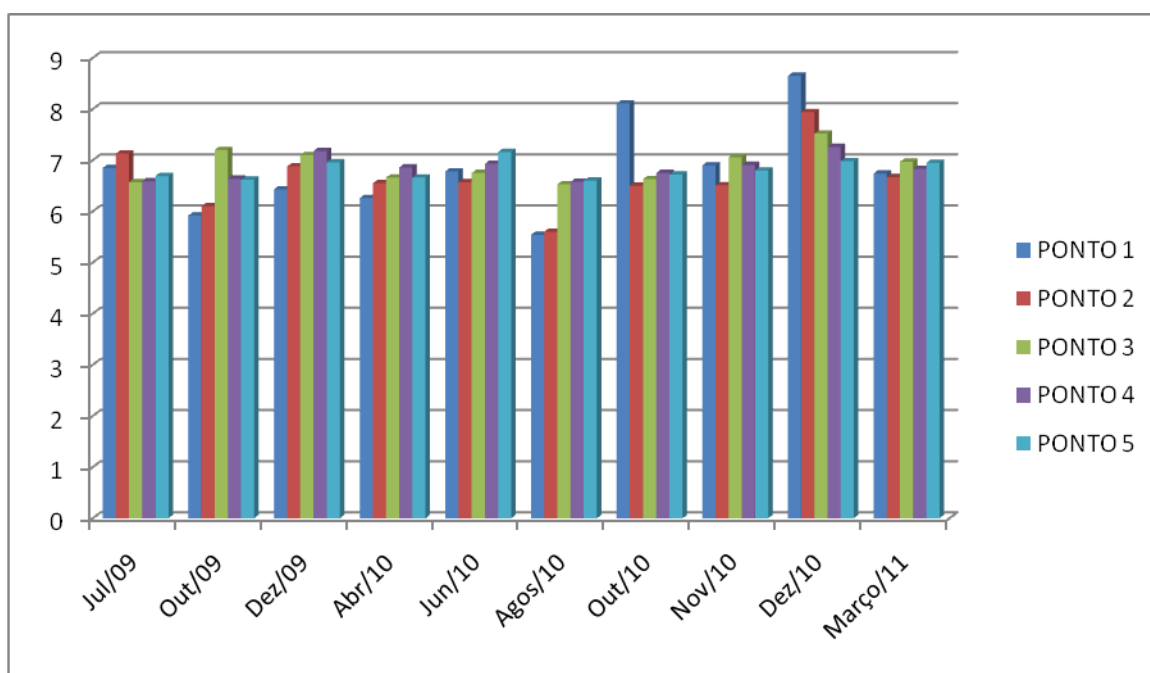


GRÁFICO 4: Evolução do pH nos pontos de coleta.

FONTE: Dados da pesquisa, 2009 e 2011.

A Quadro 11 mostra os valores máximo, mínimo e médio, e o desvio padrão do parâmetro pH no período de Julho de 2009 a março de 2011, nos cinco pontos de coleta.

pH	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
Valor Máximo	8,65	7,94	7,52	7,26	7,16
Valor Mínimo	5,54	5,60	6,53	6,58	6,60
Média	6,81	6,64	6,89	6,85	6,80
Desvio Padrão	6,88	6,62	6,94	6,88	6,83

QUADRO 11: Valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão do parâmetro pH.

FONTE: Trabalho de campo, 2009 e 2010.

d) Amônia

O nitrogênio, nos processos bioquímicos de conversão da amônia a nitrito e deste a nitrato, implica no consumo de oxigênio dissolvido do meio, e consequentemente afeta a vida aquática. Os valores encontrados de amônia ficaram dentro do limite permitido pela Resolução do CONAMA 357/05, para águas doces - Classe II, ou seja, 0,5 - 3,7 mg L⁻¹ N. De acordo com o Gráfico 5 verifica-se que no ponto P5 (comunidade), apresenta os maiores níveis de amônia, em relação aos outros pontos, sendo explicado pela utilização de fertilizantes, bem como devido à excrementos de animais presentes na margem do rio. A elevação dos níveis de amônia no P1 (nascente) na coleta de dezembro/2010 pode ser explicada, provavelmente, por esse ponto se encontrar em um parque aquático (balneário Brisa Mar), que no final do ano recebe mais banhistas, contudo a uma maior geração de resíduos e despejos de efluentes naquela área.

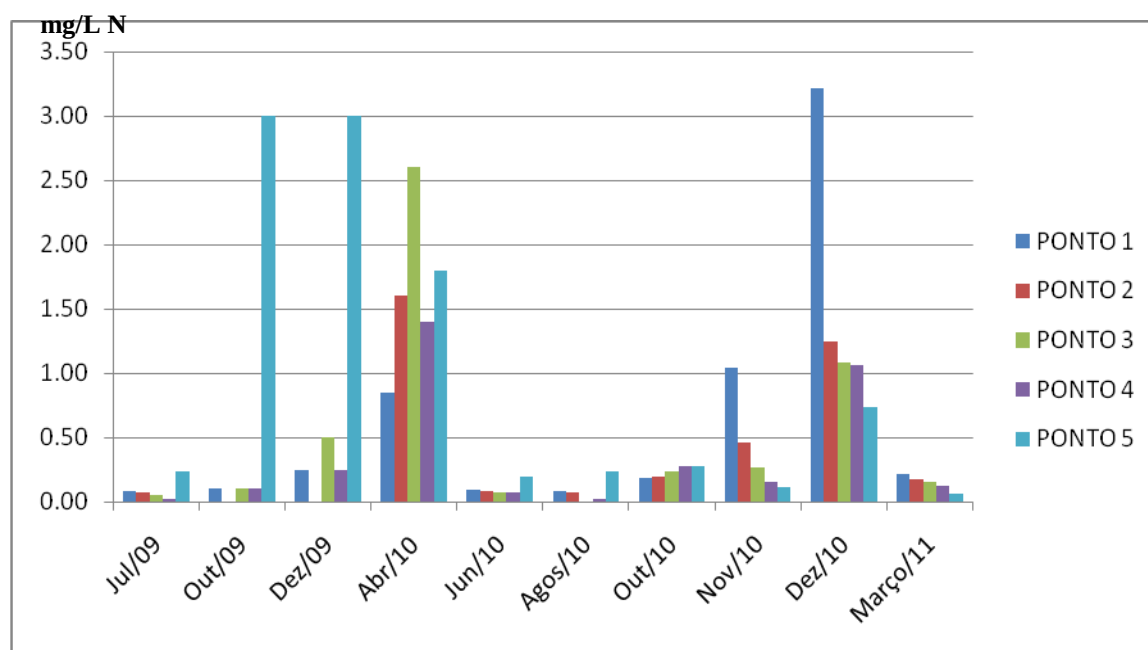


GRÁFICO 512: Evolução da amônia nos pontos de coleta.

FONTE: Dados da pesquisa, 2009 e 2011.

Através do Quadro 13 podem-se observar os valores máximo, mínimo e médio, e o desvio padrão do parâmetro nitrato no período de Julho de 2009 a março de 2011, nos cinco pontos de coleta.

Amônia	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
Valor Máximo	3,22	1,60	2,60	1,40	3,00
Valor Mínimo	0,08	0,0	0,05	0,02	0,06
Média	0,61	0,39	0,51	0,35	0,97
Desvio Padrão	1,02	0,76	0,99	1,20	2,87

QUADRO 13: Valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão do parâmetro Amônia.

FONTE: Trabalho de campo, 2009 e 2011.

e) Nitrato

Segundo a Resolução do CONAMA nº 357/05 para águas doces - Classe II o Nitrato, deve ser de até 10,0 mg/L N.

Durante a pesquisa pode-se observar um nível elevado de nitrato em algumas coletas e em alguns pontos, principalmente no mês de Junho de 2010. Isso ocorreu provavelmente, devido a uma quantidade maior de esgoto doméstico lançado no rio ou até mesmo devido à presença de agrotóxico na água, já que nas proximidades desses pontos a plantação de hortaliças e há também uma hidropônica. Também em dezembro de 2010, quase todos os pontos de coleta apresentaram teor de nitrato superior aos níveis permitidos pela Resolução supracitada. Isso, possivelmente, ocorreu porque é um período de estiagem na região, ocasionando uma diminuição da vazão do rio, e, conseqüentemente, a concentração desses poluentes aumentou (Gráfico 6).

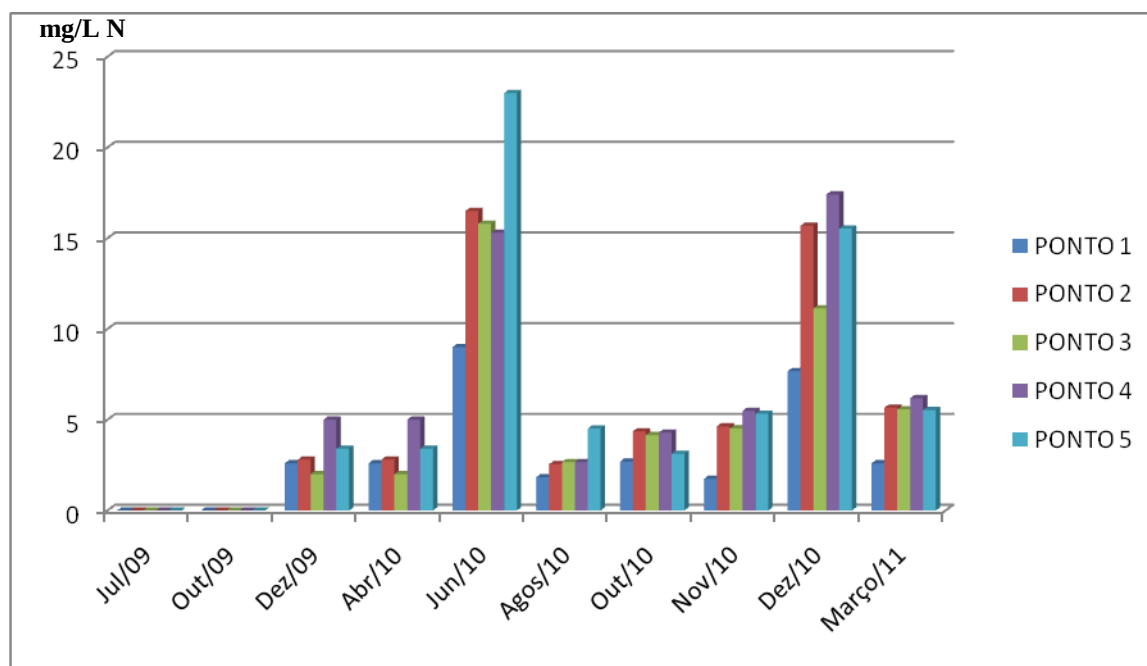


GRÁFICO 6: Evolução do nitrato nos pontos de coleta.

FONTE: Dados da pesquisa, 2009 e 2011.

Através da Quadro 13 podem-se observar os valores máximo, mínimo e médio, e o desvio padrão do parâmetro nitrato no período de Julho de 2009 a março de 2011, nos cinco pontos de coleta.

Nitrato	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
Valor Máximo	9,00	16,50	15,80	17,41	15,53
Valor Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Média	3,07	5,50	4,78	6,13	6,38
Desvio Padrão	4,51	8,45	7,30	8,93	10,12

QUADRO 14: Valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão do parâmetro Nitrato.

FONTE: Trabalho de campo, 2009 e 2011.

f) Nitrito

Segundo a Resolução do CONAMA Nº 357/05 para águas doces - Classe II o Nitrito, deve ter limite máximo 1,0 mg/L N. Entretanto, o que foi observado ao longo da pesquisa foi o inverso. Nas coletas de outubro de 2009, dezembro de 2009, abril de 2009, novembro de 2010 e dezembro de 2010 e março de 2011, ou seja, das dez (10) coletas realizadas seis (06) apresentaram alteração no teor de nitrito no rio Tambay, isso pode ter ocorrido,

provavelmente, devido ao despejo excessivo de esgoto doméstico na água, podendo confirmar ainda que esses despejos foram lançados recentemente, ou seja, pouco tempo antes da coleta ter sido feita. É importante ressaltar que o ponto 5 teve sempre seus valor bem acima do permitido pela resolução supracitada, isso acontece provavelmente porque nesse trecho do rio é exercida a prática agrícola com uso dos agrotóxicos. (Gráfico 7).

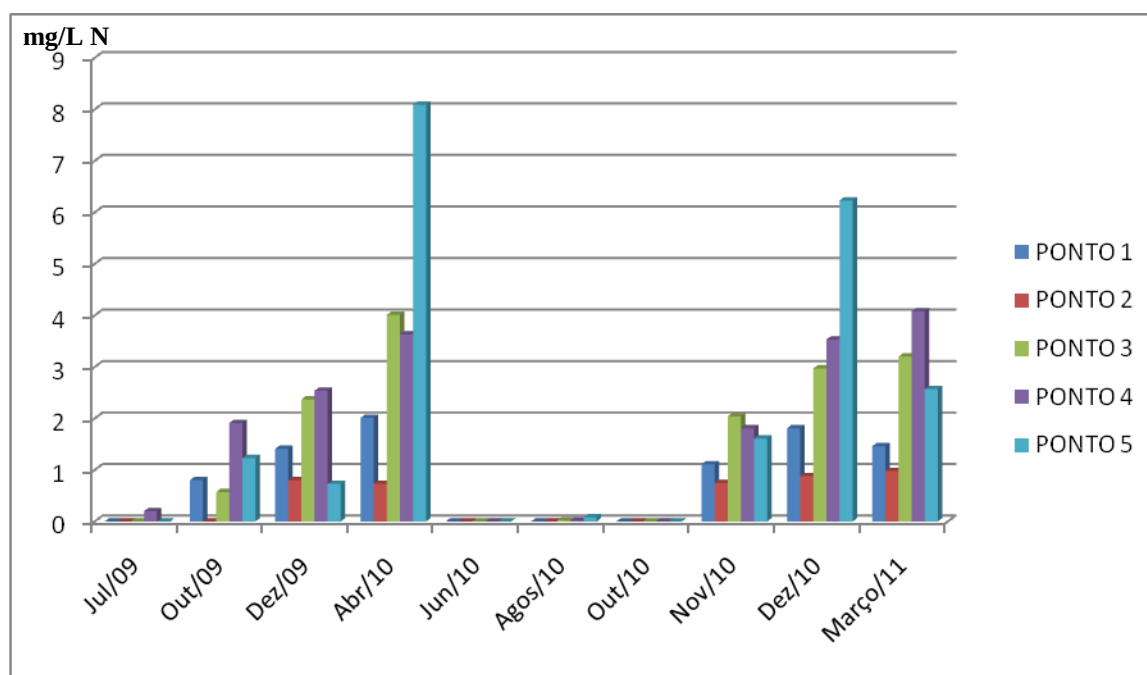


GRÁFICO 7: Evolução do nitrito nos pontos de coleta.
FONTE: Dados da pesquisa, 2009 e 2011.

Os valores máximos, mínimos, médios, e o desvio padrão do parâmetro nitrito, estão apresentados na Quadro 14.

Nitrito	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
Valor Máximo	2,01	0,88	2,97	3,63	8,09
Valor Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Média	0,86	0,41	1,52	1,77	2,05
Desvio Padrão	1,25	0,63	2,29	2,54	3,65

QUADRO 15: Valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão do parâmetro Nitrito.
FONTE: Trabalho de campo, 2009 e 2011.

g) Sólidos Totais Dissolvidos

Segundo a Resolução do CONAMA nº 357/05 para águas doces - Classe II os Sólidos Totais Dissolvidos, deve ter valor máximo de 500mg/L. Em todos os pontos e em todas as coletas ocorridas durante a pesquisa, os valores encontrados de sólidos totais dissolvidos nas águas do rio Tambay estiveram dentro do padrão estabelecido pela Resolução supracitada. Só na coleta de dezembro de 2009 no ponto cinco teve uma elevação considerada desse parâmetro, isso pode ter ocorrido, pois nesse trecho do rio existe a possível influência da presença dos agrotóxicos, bem como a urina dos animais ali presentes (Gráfico 8).

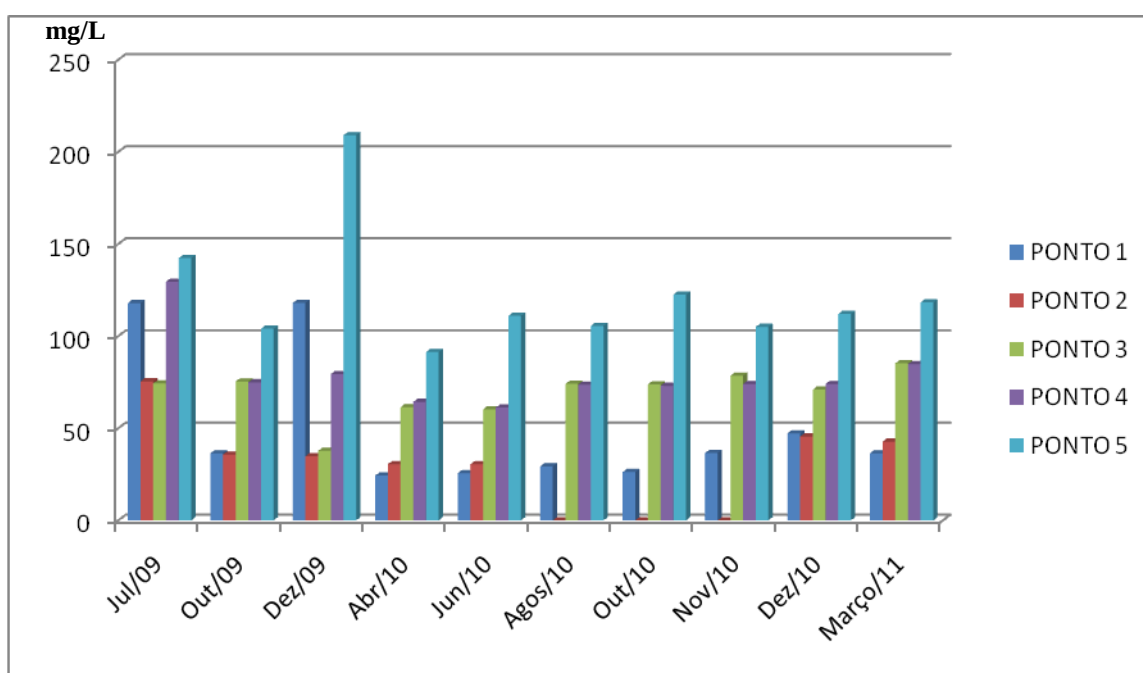


GRÁFICO 8: Evolução dos sólidos totais dissolvidos nos pontos de coleta.
FONTE: Dados da pesquisa, 2009 e 2011.

A Quadro 15 mostra os valores máximo, mínimo, médio, e o desvio padrão do parâmetro nitrato no período de Julho de 2009 a março de 2011, nos cinco pontos de coleta.

STD	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
Valor Máximo	118,00	75,41	78,50	129,40	209,00
Valor Mínimo	24,30	30,40	37,70	61,20	91,30
Média	49,78	44,04	69,16	78,85	122,09
Desvio Padrão	55,34	45,08	69,86	75,44	124,39

QUADRO 16: Valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão do parâmetro sólidos totais dissolvidos.
FONTE: Trabalho de campo, 2009 e 2011.

h) Oxigênio Dissolvido

Segundo a Resolução do CONAMA Nº 357/05 para águas doces - Classe II o OD, em qualquer amostra, não deve ser inferior a 5,0 mg/L de O₂, pois baixas concentrações de oxigênio dissolvido podem implicar no desaparecimento da vida aquática e ainda influenciar no processo de autodepuração dos corpos d'água. Entretanto, o que foi observado durante a pesquisa através das análises, foi que em determinados pontos de coletas o teor de oxigênio dissolvido apresentou-se bem abaixo do permitido pela referida Resolução (Gráfico 8).

O ponto 5 (comunidade) em praticamente todas as coletas teve seu OD inferior a 3,0 mg/L O₂, isso ocorreu, provavelmente, porque nesse ponto de coleta a comunidade ali residente joga seus dejetos no rio, os encanamentos lançam as águas residuárias domiciliares direto no corpo hídrico e, conseqüentemente, há um aumento da matéria orgânica e uma diminuição do oxigênio dissolvido.

Na coleta do mês de outubro de 2009 e na de dezembro de 2009, os pontos 4 e 1, respectivamente, teve seu OD superior à saturação, nessas coletas observou-se que havia a presença de algas no rio, logo, esse aumento ocorreu possivelmente, por causa da fotossíntese havendo a geração de oxigênio puro (Gráfico 9).

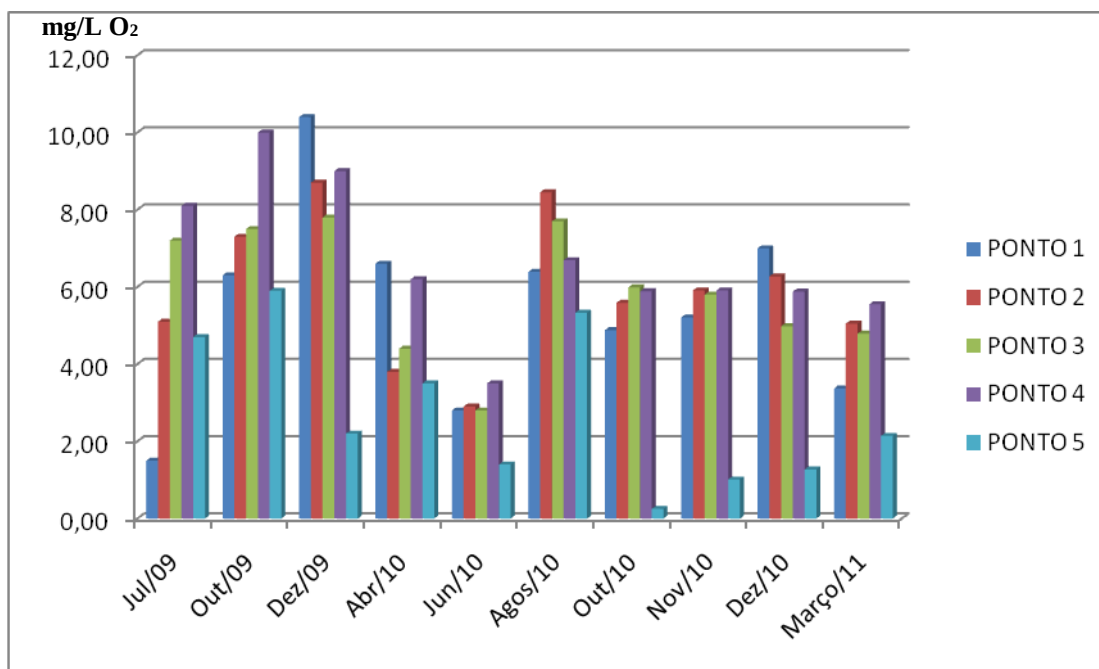


GRÁFICO 9: Evolução do oxigênio dissolvido nos pontos de coleta.

FONTE: Dados da pesquisa, 2009 e 2011.

A Quadro 16 mostra os valores máximo, mínimo, médio, e o desvio padrão do parâmetro oxigênio dissolvido, no período de Julho de 2009 a março de 2011, nos cinco pontos de coleta.

OD	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
Valor Máximo	10,40	8,70	7,80	10,00	5,90
Valor Mínimo	1,50	2,90	2,80	3,50	0,25
Média	5,44	5,91	5,89	6,67	2,77
Desvio Padrão	6,38	6,27	5,98	6,78	3,22

QUADRO 17: Valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão do parâmetro oxigênio dissolvido.

FONTE: Trabalho de campo, 2009 e 2011.

i) Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO₅

Segundo a Resolução do CONAMA 357/05 para águas doces - Classe II a DBO₅ (5 dias a 20°C), deve ser de até 5,0 mg/L de O₂. Esse parâmetro é relevante para analisar o padrão de classificação das águas naturais, pois o mesmo é de fundamental importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água. Contudo, nas classes que correspondem às águas menos poluídas, exigem-se baixos valores máximos de DBO₅ e elevados limites mínimos de oxigênio dissolvido.

A DBO₅ teve níveis bem elevados com relação ao permitido pela Resolução supracitada, isso ocorreu, provavelmente, devido ao lançamento de esgoto diário sem nenhum tipo de tratamento, como também de lixo orgânico e outros dejetos que o corpo aquático estudado recebe. É sabido que de uma forma indireta, a DBO₅ retrata o teor de matéria orgânica no corpo d'água, sendo portanto, uma indicação do potencial do consumo do oxigênio dissolvido, e esses níveis baixo de oxigênio dissolvidos nas águas ocasiona a morte dos peixes, e interfere no processo de autodepuração dos corpo hídricos (Gráfico 10).

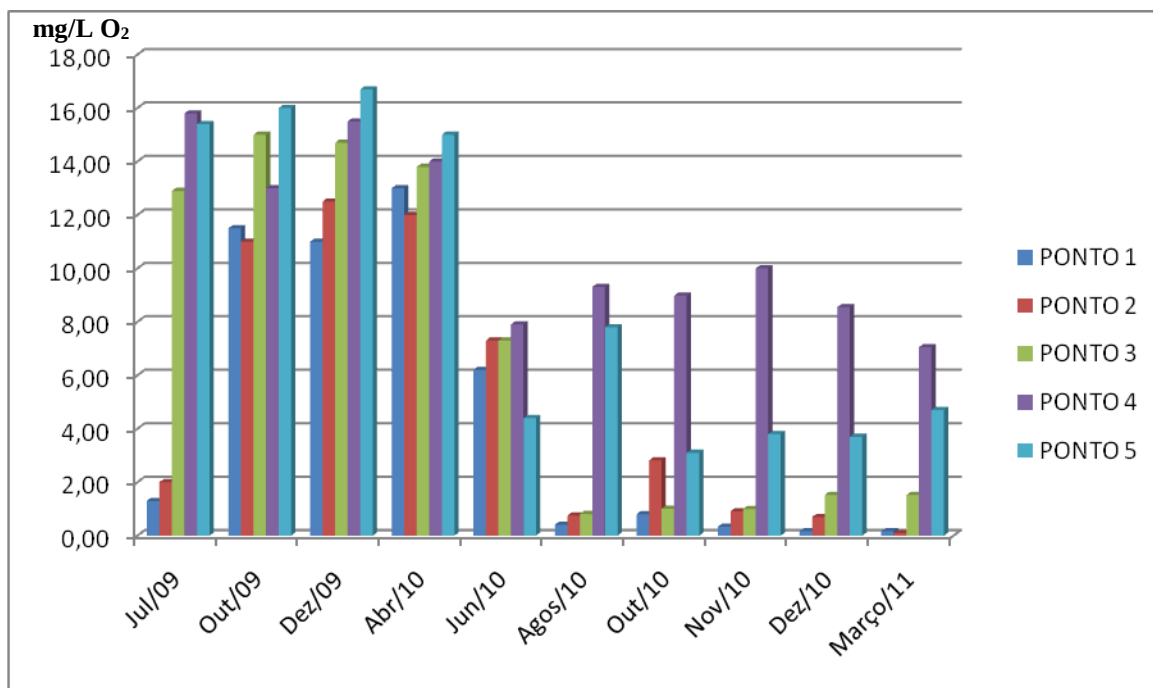


GRÁFICO 10: Evolução da demanda bioquímica de oxigênio nos pontos de coleta.
FONTE: Dados da pesquisa, 2009 e 2011.

A Quadro 17 apresenta os valores máximo, mínimo, médio e o desvio padrão do parâmetro DBO₅.

DBO ₅	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
Valor Máximo	13,00	12,50	15,00	15,80	16,70
Valor Mínimo	0,17	0,75	0,81	1,00	3,10
Média	4,49	5,01	6,95	11,01	9,06
Desvio Padrão	7,24	7,40	8,99	10,96	10,22

QUADRO 18: Valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão do parâmetro DBO₅.
FONTE: Trabalho de campo, 2009 e 2011.

j) Coliformes Termotolerantes

Segundo a Resolução do CONAMA nº 357/05 para águas doces - Classe II os Coliformes Termotolerantes, não deve ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. No Rio Tambay pode-se observar que os valores encontrados para os coliformes termotolerantes estão de acordo com o padrão estabelecido pela referida Resolução em todos os pontos de coleta (Gráfico 11).

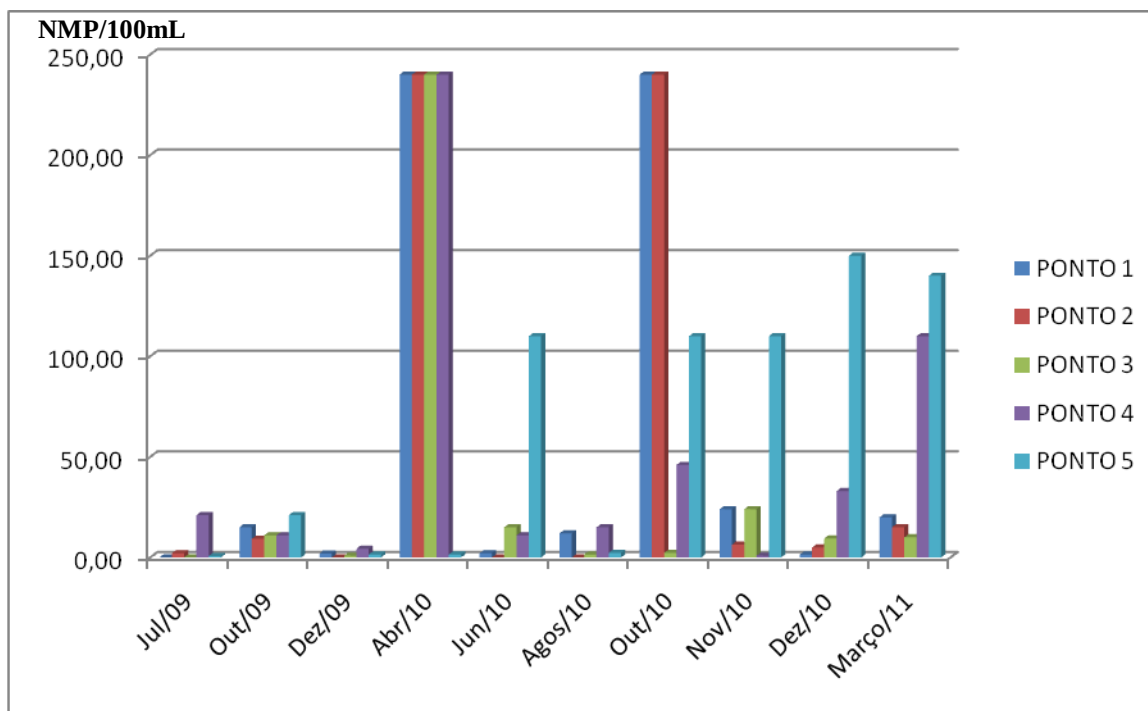


GRÁFICO 11: Evolução dos coliformes termotolerantes nos pontos de coleta.

FONTE: Dados da pesquisa, 2009 e 2011.

O Quadro 18 mostra os valores máximo, mínimo, médio e o desvio padrão dos coliformes termotolerantes, no período de Julho de 2009 a março de 2011, nos cinco pontos de coleta.

Coliformes Termotolerantes	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
Valor Máximo	240,00	240,00	240,00	240,00	150,00
Valor Mínimo	0,00	0,00	0,0	0,90	0,70
Média	55,65	52,29	31,41	49,22	64,69
Desvio Padrão	115,30	116,58	81,44	90,79	96,00

QUADRO 19: Valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão do parâmetro coliformes termotolerantes.

FONTE: Trabalho de campo, 2009 e 2011.

4.3.2 Avaliação da Autodepuração do Rio Tambay

Para a avaliação da autodepuração do Rio Tambay em Bayeux, foram elaborados gráficos comparando o oxigênio dissolvido versus a demanda bioquímica de oxigênio, ao longo do curso do rio, nos cinco pontos de coletas, pois é sabido que esse dois parâmetros são de fundamental importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água.

➤ No ponto 1 observa-se que o oxigênio dissolvido se comportou de duas formas distintas nas coletas de julho de 2009 a abril de 2010 onde o OD foi inferior a DBO₅, isso pode ter ocorrido devido a introdução de matéria orgânica, ocasionado pelo lançamento de esgotos *in natura*, apesar de esse ponto ser próximo a nascente e existirem poucas residências próximas. Esse ponto, como citado anteriormente, está localizado em um balneário onde as pessoas o utilizam para lazer e recreação. Também pode ter ocorrido ainda, a decomposição da vegetação presente no corpo aquático que acarreta na degradação do mesmo. Já no período de agosto de 2010 a março de 2011 ocorreu justamente o inverso, o OD aumentou e a DBO₅ decresceu, isso pode ter ocorrido porque nesse período o balneário foi fechado para reforma e o ponto de coleta foi mais preservado (Gráfico 12).

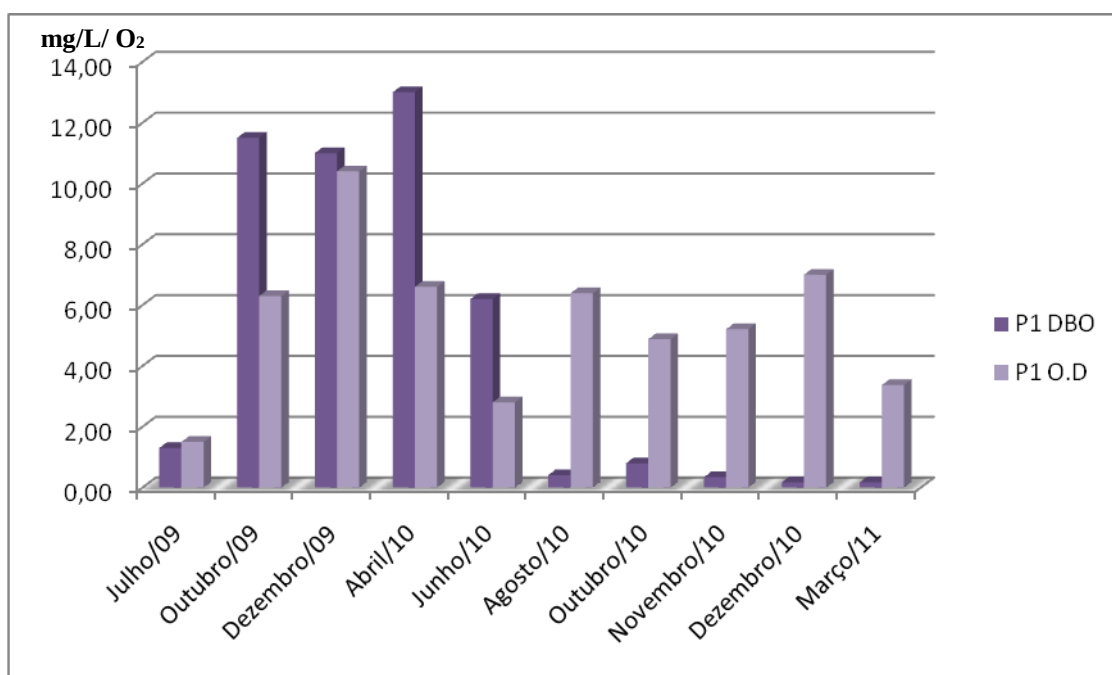


GRÁFICO 12: Oxigênio Dissolvido X DBO₅ no ponto 1.

FONTE: Dados de pesquisa, 2009 e 2011.

➤ No ponto 2 houve um comportamento semelhante ao ponto 1, isso aconteceu provavelmente, porque são pontos próximos e não houve contribuição (Gráfico 13).

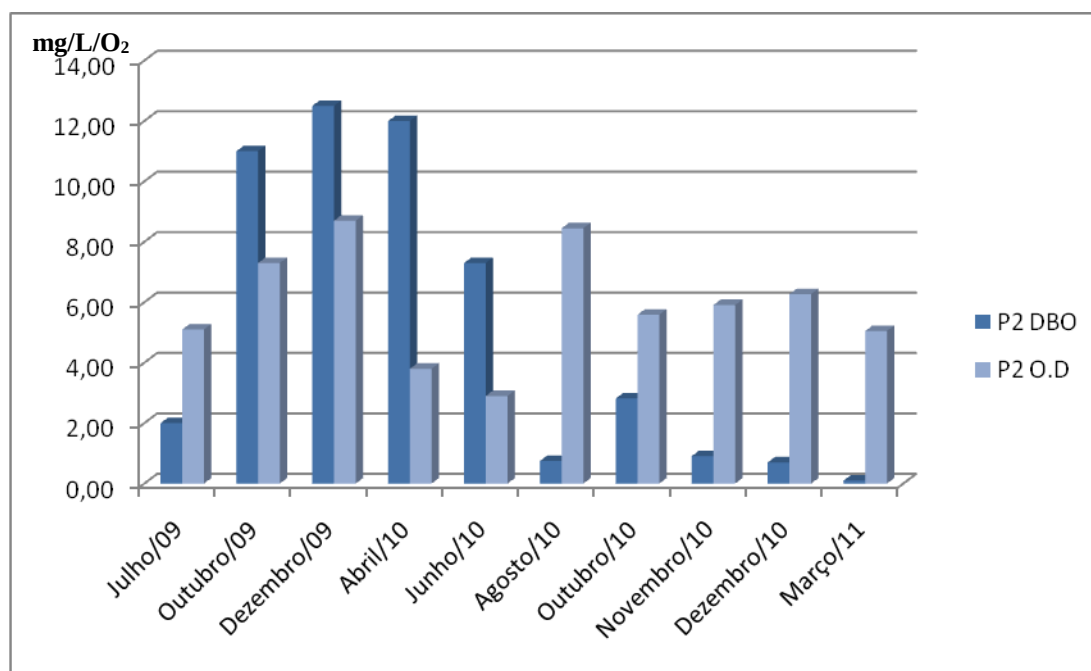


GRÁFICO 13: Oxigênio Dissolvido X DBO₅ no ponto 2.

FONTE: Dados de pesquisa, 2009 e 2011.

O ponto 3 é um trecho do Rio onde é raso (cerca de 10 cm de altura), sendo ainda estreito e está bastante assoreado, tentou-se medir a vazão nesse ponto, mas não foi possível pois esse ponto não há vazão suficiente para que pudesse obter o referido dado. Esse ponto pode ser considerado a Zona de Degradação, tendo em vista que próximo ao mesmo existe uma área habitada e também há plantação hidropônica, onde lançam seus efluentes *in natura* diretamente no rio, o que causou um aumento significativo nesse trecho da DBO₅ chegando a atingir valor superior a 14 mg/L, com isso dificultando a recuperação do OD nesse trecho. Mas, no período de agosto de 2010 a março de 2011, houve uma recuperação do oxigênio dissolvido, isso pode ter ocorrido, pois é um período de colheita, logo não há o lançamento de agrotóxicos na água, diminuindo assim o grau de poluição do corpo hídrico (Gráfico 14).

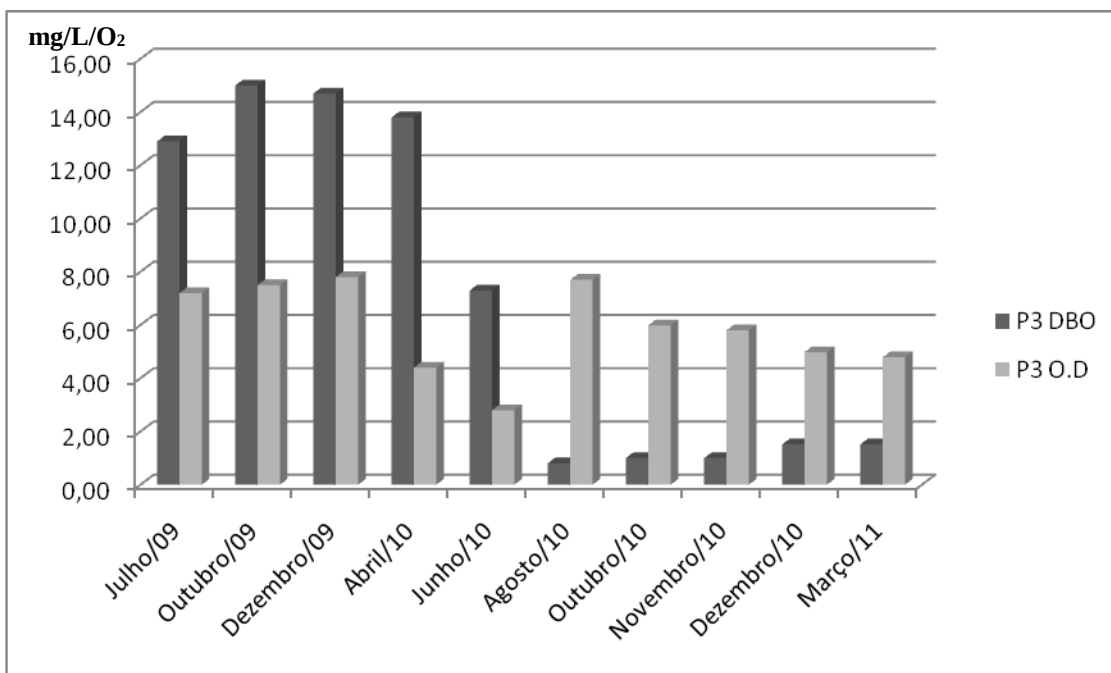


GRÁFICO 14: Oxigênio Dissolvido X DBO₅ no ponto 3.

FONTE: Dados de pesquisa, 2009 e 2011.

➤ No percurso do Rio Tambay tem-se a Zona de Degradação Ativa, ponto 4. O Rio é largo, raso (em torno de 52cm de altura), Nesse trecho foi possível medir a vazão obtendo-se um valor médio de 48,89 L/s, numa área de 0,24m² e tendo uma velocidade média de 0,23 m/s. Esse ponto possui bastante vegetação, foi notada ainda a presença de lodo no fundo do mesmo, dando um aspecto verde escuro a água, isto é característico da decomposição anaeróbia. Os processos físicos de autodepuração (precipitação por gravidade e aeração) também são intensos, as maiores superfícies de contato da água com o ar e as correntezas facilitam a aeração, isso pode justificar o aumento de OD em algumas coletas, mas fica claro que em nenhuma coleta o oxigênio dissolvido conseguiu se recuperar, ele sempre foi inferior a demanda bioquímica de oxigênio (Gráfico 15).

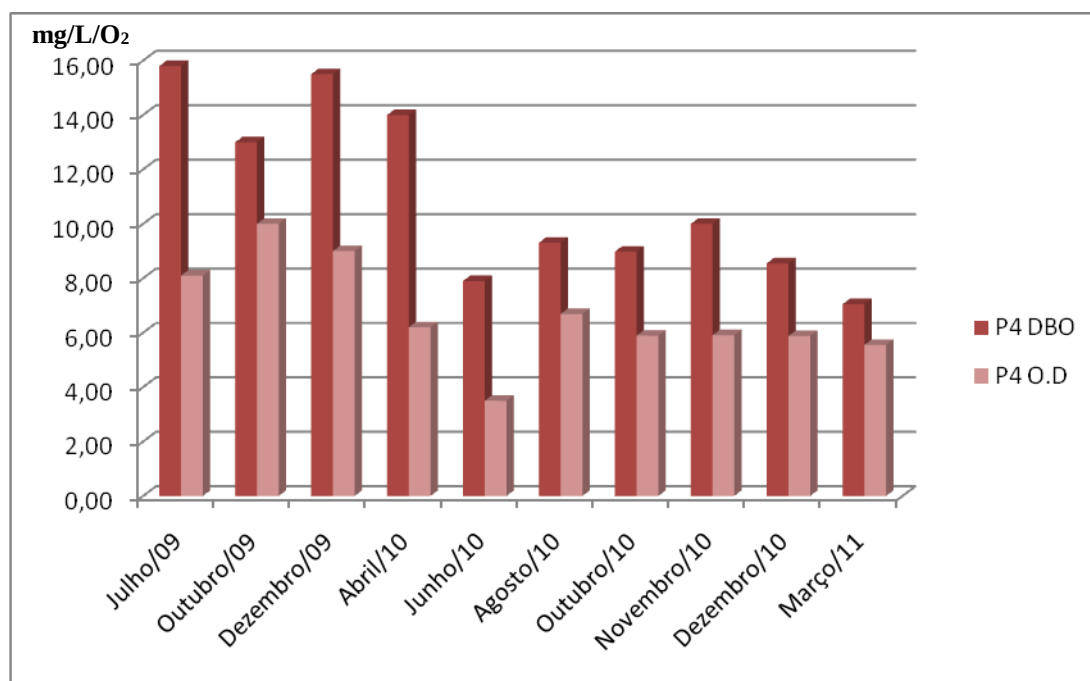


GRÁFICO 15: Oxigênio Dissolvido X DBO₅ no ponto 4.

FONTE: Dados de pesquisa, 2009 e 2011.

➤ O ponto 5, que deveria ser o trecho onde iniciaria a Zona de Recuperação, ocorre exatamente o contrário, a concentração de oxigênio dissolvido (OD) das águas do rio Tambay decresce rapidamente devido a introdução de uma maior quantidade de material orgânico (esgoto e resíduos sólidos orgânicos doméstico), isso é visível no momento das coletas, pois existem encanações direto no rio, nesse ponto está localizado um aglomerado subnormal, essa comunidade lança seus resíduos sem nenhum tipo de tratamento direto no rio, tornando-o ainda mais poluído. A vazão nesse trecho foi de 102,6 L/s, numa área de 0,64m² e tendo uma velocidade média de 0,16 m/s. Mesmo tendo uma vazão maior que à do trecho anterior, em nenhuma coleta houve recuperação do teor de oxigênio dissolvido. O mesmo esteve sempre acima do permitido pela Resolução do CONAMA nº 357/05. Observou-se ainda que pelos resultados obtidos esse é o trecho do rio mais poluído (Gráfico 16).

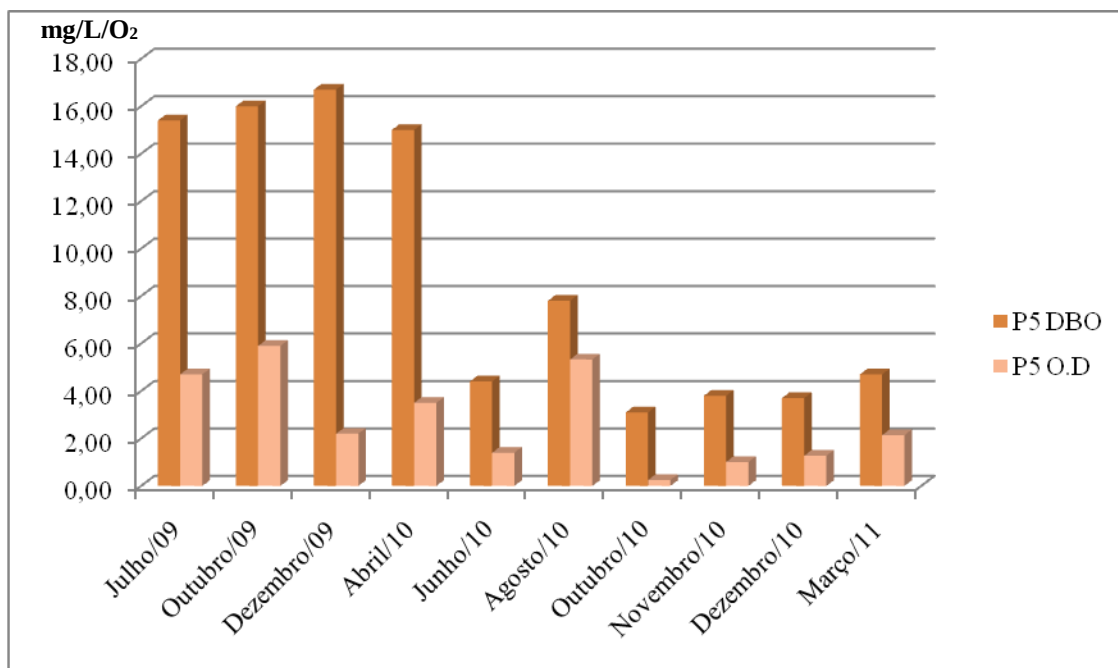


GRÁFICO 16: Oxigênio Dissolvido X DBO₅ no ponto 5.

FONTE: Dados de pesquisa, 2009 e 2011.

4.3.3 Perfil Sanitário ao Longo do Curso do Rio Tambay

O pico de concentração de matéria orgânica (DBO₅) ocorre exatamente no último ponto de coleta, próximo donde o Rio Tambay deságua no Rio Paroeiras. Em nenhuma coleta realizada nesse ponto o OD superou a DBO₅, logo fica difícil a recuperação desse rio (Gráfico 17). Nesse ponto não foi verificado nenhuma espécie de peixe, ou de outra vida aquática, isso acontece, provavelmente, devido ao baixo teor de OD presente nesse trecho do rio.

Na área estudada, pode-se verificar, através dos dados obtidos, que o rio Tambay não possui Zona de Recuperação e, nem tampouco, Zona de água limpa, pois o último ponto de coleta em nenhum período da pesquisa o oxigênio dissolvido superou a DBO₅, sendo esse trecho do rio o que recebe maior carga de matéria orgânica.

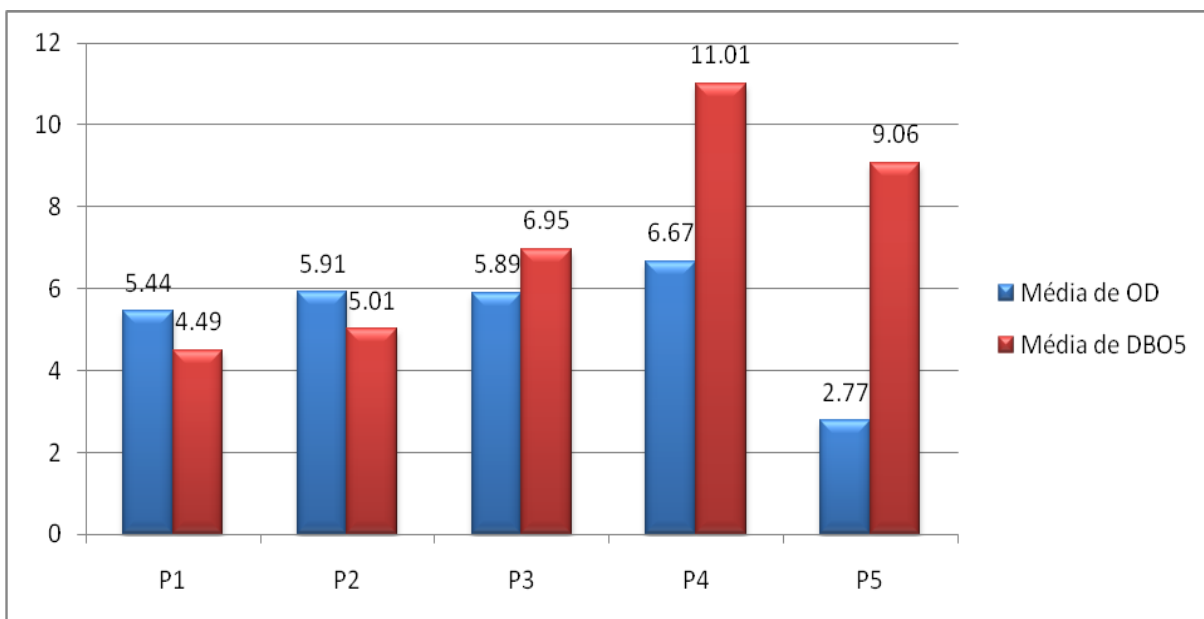


GRÁFICO 17: Média de Oxigênio Dissolvido e DBO₅ ao longo do curso do rio Tambay.
FONTE: Dados de pesquisa, 2009 e 2011.

CONCLUSÃO

É importante ressaltar que as atividades humanas que acontecem sobre uma bacia hidrográfica interferem significativamente na qualidade da água do recurso hídrico.

No decorrer desta pesquisa pode-se observar que, a população residente nas proximidades da bacia do Rio Tambay é carente, e em muitos casos vivem em condições subumanas, estando sujeitas a contaminação por causa da falta de saneamento básico, alagamentos, deslizamentos, contraindo doenças de veiculação hídrica, devido ao contato direto com a água do rio, entre outros. É notável a falta de preocupação do poder público para com essa realidade, pois nenhuma atitude é realizada para minimizar ou mesmo eliminar esse problema.

O rio está abandonado, bastante assoreado e com alto grau de poluição, que pode ser confirmado pelas análises físicas, químicas e biológicas que foram realizadas durante o tempo de desenvolvimento dessa pesquisa.

Averiguou-se que mesmo tendo fossas sépticas na maioria das casas, a população residente dos bairros localizados no entorno da bacia do Rio Tambay, encaminham boa parte dos efluentes domésticos para as sarjetas e que deságuam no rio. Por isso, torna-se ainda mais complicado o controle da poluição originado por estes esgotos, pois a poluição deixa de ser pontual para ser difusa.

Observando a discrepância do Oxigênio Dissolvido na água em alguns pontos de coletas, o aumento na Demanda Bioquímica de Oxigênio, a vazão do mesmo e o índice pluviométrico da área de estudo, são evidentes que o rio está recebendo uma carga poluidora acima do que o mesmo pode assimilar, causando assim a morte de vidas aquáticas, que em alguns pontos do rio não existem mais, devido à baixa concentração de oxigênio dissolvido na água, tornando-se assim, difícil a autodepuração do mesmo.

De acordo com os resultados obtidos averiguou-se que o rio Tambay sofreu grandes mudanças nas características de sua bacia, devido às intervenções antrópicas. Essa má utilização e a gestão inadequada demonstram uma falta de planejamento, tanto em âmbito estadual como municipal dos governantes bem como da população residente no entorno da bacia, alterando as características físicas, químicas e biológicas do corpo hídrico, acarretando assim, problemas à saúde pública.

Medidas mitigadoras devem ser tomadas a fim de ajudar na estabilidade do Rio Tambay, dentre elas podem-se citar:

- Implantação da rede coletora de esgotos nos bairros que abrangem a bacia do Rio Tambay, sendo essa uma medida bastante indicada, pois atinge o problema na fonte, melhorando a qualidade da água.
- Identificar, fiscalizar e atuar nos pontos de despejos, que hoje ocorre de forma difusa ao longo do rio.
- Desenvolvimento de políticas públicas focadas em um planejamento urbano sustentável na bacia.
- Programas de educação ambiental junto à comunidade local que reside nas proximidades do Rio Tambay, afim de “conscientizar” a população sobre o problema.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **A Evolução na gestão dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília: [S.n], 2002.

ALMEIDA, C. N. MOLINX: uma planilha para determinação de vazões em pequenos riachos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2009, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: [S.n], 2009.

ALVES, Déborah Melo. **Análise sócio-ambiental da bacia do Rio Tambay na cidade de Bayeux – PB/Brasil**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

APHA – AWWA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. USA: [s.n], 1998.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13403**: medição de vazão em efluentes líquidos e corpos receptores, Escoamento Livre. Rio de Janeiro, 1995.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9896**: poluição das águas: terminologia. Rio de Janeiro, 1987.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9897**: planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987.

AZEVEDO, S. M. F.; BRANDÃO, C. C.S. **Cianobactérias tóxicas na água para consumo humano**. Brasília: FUNASA, 2003.

BAIRD, Colin. **Química ambiental**. 2.ed. Porto alegre: Bookman, 2002.

BRAGA, Benedito; HESPANHOL, Ivanildo. **Introdução à engenharia ambiental**: o desafio do desenvolvimento sustentável. 2.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRAILLE, P. M. **Dicionário inglês – português de termos técnicos de ciências ambientais**. Rio de Janeiro: Sesi - DN/COHISI, 1992.

BRANCO, S. M. **Hidrologia aplicada à engenharia sanitária**. 3.ed. São Paulo: CETESB, ASCETESB, 1986.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 4.ed. Brasília: Fundação Nacional de saúde, 2006.

_____. **Portaria MS nº 518/2004**. Estabelece os Procedimentos e Responsabilidades Relativos ao Controle e Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade, e dá Outras Providências. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2005.

CERQUEIRA, D.A., SÁ HORTA, M.C. Coliformes fecais não existem. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 20, 1999. Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: ABESA, 1999b, p.1239-1244.

CHAPRA, S. C. **Water quality modeling**. Nova York: McGraw Hill, 1997.

COHN, P. D.; COX. M.; BERGER, P.S. Health and aesthetic aspects of water quality. In: AWWA. **Water Qyality and Treatment**. 5. ed. Denver, CO: AWWA, 1999.

CONAMA. **Resolução 357 de 2005**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em: 19 jun. 2009.

COSTA, Magdalena Duarte. **Qualidade da água do estuário do Rio Sanhauá na Paraíba e conflitos de usos existentes na área de influência do antigo Lixão do Roger**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antonio José Teixeira. **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

DAE, Revista. **Autodepuração nos cursos da água**. São Paulo: [s.n], 1986.

DERÍSIO, J.C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. São Paulo: CETESB, 1992.

ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos de limnologia**. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

HAAS, C. N. Disinfection. In: AWWA. **Water quality and Treatment**. 4. ed. USA: McGraw Hill, 1990.

IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 02 fev. 2010.

JACOBINI, Maria Leticia de Paiva. **Metodologia do trabalho acadêmico**. 2.ed. Campinas: Alínea, 2004.

KOBIYAMA, Masato. **Recursos hídricos e saneamento**. Curitiba: Organic Trading, 2008.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 2.ed. Campinas: Átomo, 2005.

LOBO, Luiz. **Saneamento básico: em busca da universalização**. Brasília: Editora do Autor, 2003.

MACHADO, R. E. **Poluição e autodepuração do Ribeirão Piambu (IJACIMG). Revista Técnica da Sanepar**, [S.l], n.13, p.60-69, 2000.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. **Reúso de Água**. São Paulo: Manole, 2003.

MEYBECK, M. et al. **Water quality monitoring**: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes. [S.l]: UNEP/WHO, 1996.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Manual de saneamento**. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/pub/manusane/mansan_geral.pdf>. Acesso em: 20 set. 2010.

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

_____. **Preservação de recursos hídricos**. Rio de Janeiro: ABES 1988.

_____. **Urbanização e meio ambiente**. Rio de Janeiro: ABES 1999.

_____. **Introdução à engenharia ambiental**. 4.ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

MOTA, Suetônio; AZEVEDO NETTO, J. M. **Tratamento de água**. São Paulo: Edgard Blucher, 1991.

PALMA-SILVA, G.M.; TAUKE-TORNISIELO, S.M.; PIÃO, A. C. Capacidade de Autodepuração de um Trecho do Rio Corumbataí, SP, Brasil. **Holos Enviroment**, v.7 n.2, p.139, 2007.

PELLACANI, Christian Rodrigo. **Poluição das águas doces superficiais & responsabilidade civil**. Curitiba: Juruá, 2007.

PHILIPPI JR, Arlindo. **Saneamento, saúde e ambiente**: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. São Paulo: Manole, 2004. (Coleção Ambiental; 2).

PHILIPPI JR, Arlindo; PELICIONI, Maria Cecília Focesi. **Educação ambiental e sustentabilidade**. São Paulo: Manole, 2005. (Coleção Ambiental; 2).

PICCHIA, Walter Del. Estudo de um modelo de autodepuração das águas dos rios em condições aeróbicas e anaeróbicas. **Revista DAE**, São Paulo, 1975.

PINHO, Acácia Gomes. **Estudo da qualidade das águas do Rio Cachoeira –região sul da Bahia**. Bahia, 2001. ?f. Dissertação (Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Subprograma Universidade Estadual de Santa Cruz, ILHÉUS. Bahia, 2001.

PIVELI, Roque Passos; KATO, Mario Takayuki. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos**. São Paulo: ABES, 2005.

ROCHA, Júlio Cesar; ROSA, Andre Henrique; CARDOSO, Arnaldo Alves. **Introdução à química ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

SALVADOR, N. N. B. **Avaliação de impactos sobre a qualidade dos recursos hídricos**. São Paulo, 1989. ?f. Tese (Doutorado E.E.S.C) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SARDINHA, Diego de Souza et al. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do Ribeirão do Meio, Leme (SP). **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v.13, n. 3, p. 329-338, jul/set 2008.

SILVEIRA, A. **Desenvolvimento de metodologia para determinação do coeficiente de transferência térmica na interface água-ar**. São Carlos, 1999. ?f. Dissertação (Mestrado) - EESC, USP, São Carlos, 1999.

SPERLING, Marcos Von. **Estudos e Modelagem da Qualidade da Água de Rios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Editora: UFMG, 2007. Volume 7. 588 p.

TAMMASI, L. R. **A degradação do meio ambiente**. São Paulo: Nobel, 1976.

TCHOBANOGLOUS, G.; SCHROEDER, E. D. **Water quality**. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, 1987.

TELES, R. B.; SILVEIRA, A. Autodepuração de escoamentos naturais de água estudo de caso: de modelagem matemática em um trecho do Ribeirão Preto, SP. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 30., 2006, Punta Del Este. **Anais...** Punta Del Este: [S.n], 2006.

TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RIMA, 2003.

UNESCO. **United nations educational, scientific and cultural organization**. Disponível em: <<http://www.unesco.org>>. Acesso em: 20 jun. 2010.

VON SPERLING, M. **Autodepuração dos cursos d'água**. Belo Horizonte, 1983. f.?. Dissertação (Mestrado DES) - UFMG, Belo Horizonte, 1983.

_____. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: UFMG, 2007.

_____. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2005, 452p.

ANEXOS

