



Faculdade de Pindamonhangaba



**PAOLA CRISTINA RIBEIRO**

**AUMENTO DA POLUIÇÃO DO RIO PARAIBA DO SUL POR NUTRIENTES: Avaliação da Concentração de Fósforo e nutrientes na região do Vale do Paraíba.**

**Pindamonhangaba-SP**

**2014**



Faculdade de Pindamonhangaba



**PAOLA CRISTINA RIBEIRO**

**AUMENTO DA POLUIÇÃO DO RIO PARAIBA DO SUL POR NUTRIENTES: Avaliação da Concentração de Fósforo e nutrientes na região do Vale do Paraíba.**

Monografia apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Diploma de Tecnólogo pelo Curso Tecnologia em Processos Químicos da Faculdade de Pindamonhangaba–Funvic.

Prof. Me. Orlando Honorato da Silva.

**Pindamonhangaba-SP**

**2014**



Faculdade de Pindamonhangaba



**PAOLA CRISTINA RIBEIRO**

**AUMENTO DA POLUIÇÃO DO RIO PARAIBA DO SUL POR NUTRIENTES: Avaliação da Concentração de Fósforo e nutrientes na região do Vale do Paraíba.**

Monografia apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Diploma de Tecnólogo pelo Curso Tecnologia em Processos Químicos da Faculdade de Pindamonhangaba–Funvic.

Orientador: Prof. Me. Orlando Honorato da Silva.

Data: \_\_\_\_\_

Resultado: \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

Prof . \_\_\_\_\_ Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura \_\_\_\_\_

Prof . \_\_\_\_\_ Faculdade de Pindamonhangaba

Assinatura \_\_\_\_\_

Prof . \_\_\_\_\_ .....

Assinatura \_\_\_\_\_

Dedico este trabalho a  
meus pais, por todos os  
ensinamentos.

A Deus,  
por todo conhecimento  
adquirido .

O sinal mais seguro da sabedoria é a constante serenidade.

Montaigne

## RESUMO

O Rio Paraíba do Sul é o principal recurso hídrico da região contribuindo com o desenvolvimento de 34 municípios paulistas, está inserido no principal eixo econômico do país, com 2.027.938 (2012) de habitantes, tem como principais atividades econômicas a indústria, a pecuária e cultivos de eucalipto, arroz, feijão e milho. Tem seu maior uso direcionado a indústria com demanda de 8,72 m<sup>3</sup>/s. Analisando relatórios de 2008 a 2013 sobre a qualidade das águas, pode ser analisado que aos poucos a concentração de nitrato nas águas do Rio Paraíba do Sul vem aumentando. O nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) em quantidades adequadas é essencial à qualidade das águas, fazendo parte do ciclo natural do nitrogênio, porém o ciclo equilibrado do nitrogênio depende de conjuntos de fatores biótico e abióticos, não estando apto a assimilar o excesso sintetizado artificialmente. As concentrações atuais de nitrato não são nocivas a saúde humana e a qualidade das águas, porém quantidades de nitratos superiores a 10 mg/L podem produzir intoxicação em crianças e até levar a morte por metahemoglobina, em relação a qualidade das águas, com o decorrer do tempo, o excesso de nutrientes lançados no rio acarretará em processo chamado de eutrofização, que é o excesso de nutrientes em uma massa de água junto com o aumento excessivo de algas, que tem como principais causadores as cargas de poluentes de esgotos domésticos, esgotos industriais e fertilizantes agrícolas, impactando o ecossistema, a qualidade da água e a utilização dos recursos hídricos. Como medida preventiva para reduzir a carga externa de nutrientes é preciso ser feita a retirada de nutrientes por meio de tratamento terciário do esgoto doméstico, e tratamento de efluentes industriais. No rio Paraíba há 21 pontos de amostragem estudados dos quais 14% estão atualmente no estado mesotrófico.

**Palavras-chave:** eutrofização; rio Paraíba do Sul; nutrientes, nitrogênio; fósforo; recursos hídricos

## ABSTRACT

The Paraíba do Sul River, is part of 34 municipalities in the region, is inserted in the main economic hub of the country, with 2,027,938 (2012) inhabitants, whose main economic activities industry, livestock and crops of eucalyptus, rice, beans and corn. Has its greatest use targeted industry with demand of  $8.72 \text{ m}^3 / \text{s}$ . Analyzing reports from 2008 to 2012 on the quality of water, can be analyzed that gradually the concentration of nitrate in the river Paraíba is increasing. Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) in adequate quantities is essential to the quality of water as part of the natural cycle of nitrogen, but balanced cycle of nitrogen ( $\text{NO}_3^-$ ) depends on sets of biotic and abiotic factors, not being able to absorb the excess artificially synthesized. Current concentrations of nitrates are not harmful to, human health and water quality, but amounts of nitrates exceeding  $10 \text{ mg} / \text{L}$  can cause poisoning in children and even lead to death by methemoglobin in relation to water quality, with the passage of time, excess nutrients released in the river will result in a process called eutrophication, which is the excess of nutrients in a body of water causing excessive growth of algae, which is causing major domestic sewage, industrial waste and agricultural fertilizers, impacting the ecosystem, water quality and resource utilization hídricos. Como preventive measure to reduce the external load of nutrients must be made to remove nutrients through tertiary treatment of domestic wastewater and industrial wastewater treatment. The Paraíba River for 21 sampling points studied of which 14% are currently in the mesotrophic.

**Keywords:** eutrophication; Paraíba do Sul; nutrients, nitrogen; phosphorus; water resources

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS .....	10
2.1 O Meio Ambiente .....	10
2.2 Bacia do Rio Paraíba do Sul.....	10
2.3 Ciclo Hidrológico da Água.....	12
2.4 Águas Naturais .....	12
2.5 Fontes de águas superficiais .....	13
2.6 Parâmetros de Medição da Qualidade da Água.....	13
2.6.1 Oxigênio Dissolvido.....	14
2.6.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	14
2.6.3 Nutrientes .....	14
2.6.4 O Nitrogênio.....	15
2.6.5 Nitritos e Nitratos .....	16
2.6.6 O Fósforo.....	17
2.7 Águas de Esgotos .....	18
2.8 Esgotamentos Sanitários.....	18
2.8.1 Coleta e Tratamento de Esgoto no Estado de São Paulo.....	19
2.8.2 INDICADOR DE COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTO DE POPULAÇÃO URBANA DE MUNICIPIOS – ICTEM .....	21
2.9 A Eutrofização.....	23
2.9.1 METODOS PARA AVALIAÇÃO DA EUTROFIZAÇÃO DOS RESERVATORIOS	25
3 AMOSTRAGEM E INDICADORES DE QUALIDADE .....	27
3.1 Resultados.....	29
4 DISCUSSÃO.....	33
4.1 Índice de balneabilidade .....	34
4.2 As Variáveis que Caracterizam a Matéria Orgânica (DBO) .....	35
4.3 Compostos Nitrogenados.....	35
5 CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIAS .....	39



## 1 INTRODUÇÃO

Através dos relatórios de qualidade das águas superficiais da CETESB, foi analisada a qualidade da água do Rio Paraíba do Sul, com os resultados obtidos e comparando-se com os cinco anos anteriores. O lançamento de poluentes, em especial de esgotos domésticos, causa a alteração da qualidade das águas, principalmente o aumento na concentração de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, provocando a ocorrência do fenômeno denominado eutrofização, restringindo seu uso, e contribuindo com o aumento de doenças de veiculação hídrica.

O nitrogênio e o fósforo fazem parte do ciclo natural do meio ambiente, e são essenciais as diferentes formas de vida, porém em excesso causam um aumento das cargas orgânicas nos rio e lagos, aumentando assim o crescimento de algas e cianobacterias, não sendo sintetizados pelo ambiente.

Atualmente o aumento dessas cargas orgânicas provem na maior parte de esgotos domésticos, pois nem todas as cidades do vale possuem um tratamento de esgoto adequado, outra parte dessa carga vem das industrias com seu descarte de resíduos nem sempre favoráveis ao meio ambiente.

No organismo humano, o nitrogênio é assimilável em forma de nitrato, em pequenas quantidades não causa danos à saúde, mas em grandes quantidades causa em crianças uma doença chamada nitrossaminas carcinogênicas que dificulta o transporte de oxigênio no sangue.

O efeito da eutrofização além de acabar com a diversidade da fauna dos rios, causando a morte e extinção de alguns peixes, torna a água imprópria para uso, conseqüentemente não podendo abastecer a população, trazendo um grande problema as cidades dependentes dos rios.

## **2 MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS**

### **2.1 O Meio Ambiente**

A definição de meio ambiente como "o ciclo de todos os componentes naturais e suas condições, leis, influências e interações de física, química, biológica e a natureza social que permitem, abrigo e de vida de suporte em todas as formas" (SEMA, 1996), permite a análise do que efetivamente é um sistema ambiental, o que e como as interações entre fatores naturais ocorrem, incluindo um importante componente social, ou seja, visando uma melhor utilização dos recursos naturais.

Deve-se também levar em conta que o ambiente se expressa em várias dimensões, formas, significados e evolui através do tempo. No entanto, quando se trata de ações antrópicas e como eles afetam seus arredores (PRIMAVESI, 2002), o ambiente social é definido pelas relações de indivíduos dentro de uma comunidade e, a partir dessas relações e as necessidades da comunidade, uma participação mais ampla na exploração dos recursos naturais é gerado, cada vez mais suportado por modernos processos tecnológicos, a velocidade mais rápida extração e uso de grandes quantidades de energia. Esta análise leva a uma maior exploração dos recursos naturais que, sem uma gestão adequada, produz degradação levando a efeitos irreversíveis sobre os ciclos naturais, entre os quais o ciclo hidrológico.

Neste aspecto, os recursos hídricos apontam para um fator limitante com os valores econômicos do uso presente e futuro, respectivamente conhecidos como valor de opção e valor de existência, variáveis difíceis de serem medidas sem um alto grau de subjetividade. Portanto, os recursos hídricos são considerados de grande importância sob o ponto de vista da sobrevivência dos centros urbanos e, conseqüentemente, ter um papel fundamental na questão ambiental, considerando a sua escassez. (PRIMAVESI, 2002)

### **2.2 Bacia do Rio Paraíba do Sul**

Esta bacia abrange uma das mais desenvolvidas áreas industriais do País em São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, arrecada cerca de 10% do PIB nacional e já assume um papel de destaque na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. As águas do Rio Paraíba do Sul abastecem aproximadamente 15 milhões de pessoas, que na sua maioria vive em regiões metropolitanas.

**Figura 1-** Bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul



Fonte: Jus Navigandi (2014).

A bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul estende-se por territórios pertencentes a três Estados da Região Sudeste, cuja rede de drenagem ocupa uma área de aproximadamente 57.000 km<sup>2</sup>: São Paulo (13.605 km<sup>2</sup>), Rio de Janeiro (22.600 km<sup>2</sup>) e Minas Gerais (20.500 km<sup>2</sup>). O Rio Paraíba do Sul é utilizado para fins domésticos e industriais, não só como fonte de abastecimento, mas, também, como receptor de efluentes. No seu curso natural, o rio Paraíba do Sul, em território paulista, é ladeado pelas Serras do Mar e Mantiqueira. Após sua formação, pela união dos rios Paraitinga e Paraibuna, passa por todo o Vale do Paraíba e adentra o Estado do Rio de Janeiro, onde deságua no Oceano Atlântico, em São João da Barra, depois de ter percorrido 1.180 km (AMORIM e FERREIRA, 2000).

Esta bacia abrange uma das mais desenvolvidas áreas industriais do País, arrecada cerca de 10% do PIB nacional e tem um papel de destaque na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. É importante salientar que, em geral, as vazões fluviais

apresentam grande variabilidade sazonal. Entretanto, no Vale do Paraíba, região que usufrui os recursos do Rio Paraíba do Sul, as vazões apresentam certa regularidade garantida pelos reservatórios de cabeceira (dos rios Paraitinga /Paraibuna e Jaguari). Esta situação é pouco alterada pelos afluentes do Rio Paraíba do Sul, a jusante destes reservatórios. (JOSÉ A. MARENGO e LINCOLN MUNIZ ALVES, 2005).

O vale formado pelo Rio Paraíba do Sul revela progressivo processo de industrialização e urbanização assim como degradação ambiental. Segundo a ANA (2003), o intenso uso urbano, industrial e energético que se faz dos recursos hídricos desta bacia contribuíram para o aumento da demanda de água, com sérios indícios de comprometimento da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos hoje observados.

### **2.3 Ciclo Hidrológico da Água**

O conceito de ciclo hidrológico inclui a precipitação da água das nuvens, a infiltração no solo ou o escoamento para correntes de águas superficiais, seguidos da evaporação e transpiração da água de volta para a atmosfera (VESILIND, 2010).

A água da superfície da terra exposta a atmosfera é chamada de água superficial, que inclui rios, lagos, oceanos, etc. Através do processo de percolação, parte das águas superficiais (especialmente durante a precipitação) são absorvidas pelo solo e se tornam águas subterrâneas, ambas podem ser utilizadas como fontes de abastecimento para as comunidades (VESILIND, 2010).

### **2.4 Águas Naturais**

A umidade na terra circula pela atmosfera e vice versa, em um processo denominado ciclo hidrológico. Este termo refere-se à passagem de água para a atmosfera pela evaporação de oceanos e outras, águas superfície e pela transpiração de plantas, e subsequente precipitação da umidade na atmosfera na forma de chuva, neve ou granizo, que caem de volta a terra (ODUM, 2008).

Neste ciclo, as águas naturais podem ser classificadas em três principais categorias baseados nas localizações:

- Água atmosférica: água presente nas nuvens e precipitada como chuva, neve ou granizo;
- Água superficial: porções de água como lagos, rios, ribeirões e oceanos.

- Água de lençol freático: água subterrânea onde todos os poros do solo, bem como os espaços internos e entre os materiais rochosos estão saturados (ODUM, 2008).

## **2.5 Fontes de águas superficiais**

As fontes de águas superficiais não são confiáveis como as das águas subterrâneas, pois as quantidades geralmente variam muito durante um período de um ano ou mesmo uma semana, e as qualidades das águas superficiais são facilmente degradáveis por várias fontes de poluição. A variação do fluxo da corrente ou curso d'água pode ser tão grande que mesmo uma pequena demanda pode não ser atendida durante tempos de seca; portanto, devem ser constituídos reservatórios para armazenar a água durante a época de chuva para que possa ser utilizada durante os períodos de escassez. O objetivo é construir esses reservatórios suficientemente grandes para garantir fontes de água confiáveis (VESILIND, 2010).

## **2.6 Parâmetros de Medição da Qualidade da Água**

Embora existam muitos parâmetros para medir a qualidade da água, os parâmetros mais utilizados tem sido os seguintes:

Oxigênio dissolvido: um importante determinante da qualidade da água em rios, lagos e outros cursos d'água;

Demanda bioquímica de oxigênio: constitui um importante parâmetro indicador de potencial poluente de vários tipos de resíduos despejados nos cursos de água;

Sólidos: elementos sólidos suspensos e resíduos sólidos totais, inclusive componentes que incluem sólidos dissolvidos, alguns podem ser prejudiciais à vida aquática ou à saúde das pessoas que consomem água.

Nitrogênio: um parâmetro útil para medir a qualidade da água em rios e lagos;

Parâmetros bacteriológicos: necessários para determinar o potencial de agentes infecciosos presentes, como bactérias e vírus patogênicos. Em geral, essas determinações são indiretas devido aos problemas para conseguir amostras suficientes para uma variedade literalmente infinita de micro-organismos (VESILIND, 2010).

### **2.6.1 Oxigênio Dissolvido**

O oxigênio dissolvido(OD) é medido com medidor de sonda. Um dos medidores mais simples opera com uma célula galvânica com eletrodos de chumbo e prata colocados dentro de uma solução eletrolítica e um micro amperímetro entre eles. Os elétrons liberados no eletrodo de chumbo passam pelo micro amperímetro chegando ao eletrodo de prata, a reação só ocorre quando há oxigênio livre dissolvido na água, do contrário, o micro amperímetro não registrara corrente alguma. Os níveis de saturação de O<sub>2</sub> na água também dependem da concentração dos sólidos dissolvidos, uma vez que uma alta concentração diminui a solubilidade de oxigênio (VESILIND, 2010).

### **2.6.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio**

Talvez ainda mais importante que a determinação de oxigênio dissolvido seja a medição da taxa em que esse oxigênio é utilizado por microrganismos para decompor a matéria orgânica. A demanda por oxigênio para decomposição de materiais puros pode ser estimada por meio da estequiometria, considerando que toda matéria orgânica seja decomposta e transformada em CO<sub>2</sub> e água (VESILIND, 2010).

Infelizmente, as águas residuais raramente são materiais puros, e não é possível calcular a demanda de oxigênio a partir do cálculo estequiométrico. Na verdade, é necessário realizar um teste no qual os microrganismos que fazem a decomposição sejam realmente empregados e o uso do oxigênio por eles, então, medido (VESILIND, 2010).

A taxa do uso de oxigênio é comumente citada como demanda bioquímica de oxigênio(DBO). É importante entender que a DBO não é a medida de algum poluente específico. Na verdade, é uma medida de quantidade de oxigênio necessária para que as bactérias e os microrganismos aeróbios estabilizem matéria orgânica decomponível. Se os microrganismos entrarem em contato com uma fonte de alimento, o oxigênio será utilizado por eles durante a decomposição (VESILIND, 2010).

### **2.6.3 Nutrientes**

A quantidade e os tipos de materiais orgânicos e inorgânicos (nutrientes) presentes no ambiente aquático influenciam significativamente o crescimento microbiano. Os nitratos e os fosfatos são constituintes inorgânicos comuns, promovendo o crescimento de algas.

Quantidades excessivas de nitratos e /ou fosfatos podem causar um supercrescimento de algas na água para níveis onde o crescimento maciço esgota o fornecimento de oxigênio da água, sufocando todas as outras vidas aquáticas. A quantidade de nutrientes na água é referida como a carga de nutriente de um ambiente (ODUM, 2008).

Muitos dos nutrientes de córregos e rios vêm do sistema terrestre circundante. De um modo geral, a população microbiana aquática reflete as condições terrestres, incluindo os efeitos das práticas domésticas, agrícolas e industriais. As mudanças ambientais drásticas em córregos e rios, criadas pela expansão rápida da urbanização e pelas mudanças no manejo do solo para cultivo, tornam impossível descrever uma população microbiana específica (ODUM, 2008).

## **2.6.4 O Nitrogênio**

As principais fontes naturais da parcela dissolvida de nitrogênio constituem a decomposição na excreção do fitoplâncton e das macrofitas. De modo geral, o aporte externo de matéria orgânica e inorgânica, as precipitações e mencionada capacidade de fixação do nitrogênio atmosférico por algumas algas, bactérias e cianobactérias retratam outras formas naturais de nitrogênio para o corpo d'água (ESTEVES, 1998).

Além do ciclo natural do nitrogênio o nitrato também pode ser encontrado nos rios a partir de despejos de esgotos domésticos, industriais e fertilizantes utilizados em solos agrícolas (ESTEVES, 1998).

### **2.6.4.1 Efeitos Prejudiciais do Excesso de Nitrogênio**

A produção e utilização de fertilizantes, os cultivos de leguminosas, a queima de combustíveis fósseis depositam, em escala mundial, aproximadamente 140 Tg/ano( 1 Tg =  $10^{12}$  gramas ou 1 milhão de toneladas métricas), de nitrogênio novo no solo, na água e no ar-quantidade quase iguais às estimativas de nitrogênio fixado de forma natural. O esgoto humano e os excrementos de animais domésticos contribuem com, talvez, a metade desse valor. Muito pouco dessas entradas são recicladas, pois elas escapam para o solo ou cursos de água, ou ao misturados a metais pesados e outras toxinas (ODUM, 2008).

Qualquer coisa que seja perniciososa para os ecossistemas naturais eventualmente também se torna prejudicial aos seres humanos, o que muitas vezes é o caso. O excesso de componentes nitrogenados na água de abastecimento, na comida, e no ar põe a saúde humana

em risco. O excesso de nitrato na água também pode ser causado por leguminosas exóticas: por exemplo, a introdução da leguminosa acácia negra, proveniente das Filipinas, após a segunda guerra mundial, envenenou as águas subterrâneas de boa parte de Guam (ODUM, 2008).

Em resumo, o enriquecimento do nitrogênio vem reduzindo a biodiversidade e aumentando o número de pragas e doenças no mundo, além de afetar de maneira adversa a saúde humana. Aproximadamente o dobro da taxa de entrada de nitrogênio no ciclo de nitrogênio terrestre. Com essas taxas continuam a aumentar:

Aumento da concentração de N<sub>2</sub>O a potente gás de efeito estufa no mundo, e as concentrações de outros óxidos de azoto em grandes regiões da Terra aumentou, causando perdas de nutrientes do solo, tais como os de cálcio e de potássio, que são essenciais para a manutenção em longo prazo da fertilidade do solo, contribuíram substancialmente para a acidificação dos solos, rios e lagos em várias regiões, e aumentou consideravelmente a transferência de nitrogênio através dos rios para os estuários e oceanos (ODUM, 2008).

### **2.6.5 Nitritos e Nitratos**

O nitrato pode contribuir para a formação de nitrosaminas carcinogênicas em crianças pequenas e podem reduzir a capacidade do sangue de transportar oxigênio. Os resíduos humanos e animais são apenas dois dos responsáveis pela poluição da água com nitratos, agricultura e a silvicultura também são grandes culpados (TOWNSEND, 2006).

A maior parte do nitrogênio fixado em comunidades naturais está presente na vegetação e na fração orgânica do solo. À medida que os organismos morrem, eles contribuem com matéria orgânica para o solo e esta é decomposta liberando dióxido de carbono. Isso faz com que a razão entre carbono e nitrogênio diminua, quando esta razão se aproxima de 10:1, o nitrogênio começa a ser liberado da matéria orgânica do solo como íons de amônio. Nas regiões aeradas do solo, os íons são oxidados em nitrito e depois em íons nitratos, os quais são lixiviados pela água da chuva para camadas mais profundas do perfil do solo dissolvidas na água e então, entram nos aquíferos ou rios a caminho do mar (TOWNSEND, 2006).

O nitrito e o nitrato estão associados a dois efeitos adversos à saúde: a indução à metemoglobinemia e a formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas (ALABURDA, 1998).



### 2.6.6 O Fósforo

O fósforo que é um nutriente essencial para a manutenção da vida, fazendo parte de diversas moléculas dos organismos vivos. Este elemento é, também, considerado um nutriente limitante para a produção primária das células fitoplanctônicas dos sistemas aquáticos costeiros e tem sido considerado como principal responsável pela eutrofização artificial em águas continentais (ESTEVES, 1998).

O fósforo é um constituinte importante nos sistemas biológicos. Esta importância deve-se à participação deste elemento em processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos, tais como: armazenamento de energia (forma uma fração essencial da molécula de ATP) e estruturação da membrana celular, através dos fosfolipídios (ESTEVES, 1998).

Toda forma de fósforo presente em águas naturais, quer na forma iônica, quer na forma complexada, encontra-se sob a forma de fosfato. Assim, deve-se referir às diferentes formas de fósforo no ambiente aquático (ESTEVES, 1998).

O fósforo é um elemento abundante, porém nunca é encontrado em estado livre na natureza. Ele ocorre principalmente sob a forma de fosfatos,  $PO_4^{3-}$ ,  $HPO_4^{2-}$ ,  $H_2PO_4^-$ , ligados a um cátion em compostos inorgânicos insolúveis como, fosfato de cálcio simples  $Ca_3(PO_4)_2$ , fosfato de alumínio  $AlPO_4$ , fosfato férrico  $FePO_4$ , e o fosfato misto,  $CaF_2 \cdot 3Ca_3(PO_4)_2$ , denominado apatita, ou como componente de moléculas orgânicas (SAWYER, 1994).

Segundo Esteves (1998), o fosfato presente em ecossistemas aquáticos continentais tem origem de fontes naturais e artificiais. Dentre as fontes naturais, as rochas da bacia de drenagem constituem a fonte básica de fosfato. Outros fatores naturais que permitem o aporte de fosfato podem ser apontados, como: material particulado presente na atmosfera e o fosfato resultante da decomposição de organismos de origem alóctone (originado fora do lugar em que se encontra).

As fontes artificiais de fosfato mais importantes são: esgotos domésticos e industrial e material particulado de origem industrial contido na atmosfera (SILVA, 1997).

O problema de eutrofização de lagos europeus levou alguns países a tomarem sérias medidas no sentido de reduzir a carga de fósforo nos corpos aquáticos. Uma das medidas tomadas foi a redução de fosfatos na formulação de sabões e detergentes. Na Suíça a lei foi publicada no ano de 1986 (MÜLLER, 1997).

No Brasil, conforme Resolução CONAMA 20, 1986, os valores limites de fosfato total para águas de classe 1, classe 2 e classe 3, são de 0,025 mg/L. Portanto não é citado nenhum

limite de emissão, isto é, a princípio poderão ser lançados, desde que venham respeitar a classe do corpo receptor.

O fósforo além de ser um elemento essencial para o crescimento e desenvolvimento de plantas e animais, é também necessário para se manter uma produção agrícola rentável. Se forem considerados somente fósforo e nitrogênio, para cada átomo de fósforo são necessários vinte átomos de nitrogênio (20:1) para formar as moléculas das células dos organismos vivos. Se a relação N:P num corpo d'água fosse 30:1, certamente todo o fósforo seria consumido antes de todo nitrogênio, por outro lado, se a relação fosse 6:1, a remoção mais rápida do nitrogênio limitaria o crescimento biótico (O'NEILL, 1993).

Salas e Martino (2001) através da análise de vários corpos de água em áreas tropicais e subtropicais da América do Sul e o Caribe, observaram que a limitação do crescimento do fitoplâncton nos mesmos é devida principalmente ao fósforo.

Segundo Esteves (1998) na maioria das águas continentais o fósforo é o principal fator limitante de sua produtividade. Além disso, tem sido apontado como o principal responsável pela eutrofização artificial destes ecossistemas.

## **2.7 Águas de Esgotos**

A água de esgoto. Ou água residual, é definida como a água de uma comunidade e consiste em:

- Despejos domésticos veiculados pela água, incluindo excrementos humanos e água de lavagem (tudo que é levado pelos encanamentos de uma residência e de uma cidade para o seu sistema de tratamento).

- Detritos industriais tais como ácidos, óleos, graxas e materiais animais e vegetais descarregados pelas fabricas.

- Águas de lençol freático, da superfície da atmosfera que entram no sistema de esgoto.

A água de esgoto de uma cidade é coletada pelo sistema que carrega a água usada para locais de tratamento e despejo (PELCZAR JR, 2009).

## **2.8 Esgotamentos Sanitários**

Após a utilização da água nas residências seja pela limpeza de roupas, utensílios domésticos, banhos ou descargas, há a formação dos esgotos que também podem se originar da atividade comercial ou industrial (SABESP, 2014).

Estes resíduos podem contaminar o meio ambiente e provocar doenças. Por isso, existe o trabalho da Sabesp para coleta, afastamento e tratamento dos esgotos em instalações devidamente preparadas para este fim.

As residências devem estar conectadas às redes oficiais existentes para lançar os esgotos nos coletores - tronco, encaminhá-los aos interceptores e, por fim, às estações de tratamento de esgotos (SABESP, 2014).

Normalmente, no início do processo, há um gradeamento para retirar o lixo e os resíduos mais pesados. Depois disso, a areia é retirada e os esgotos vão para os decantadores primários. A parte mais pesada vai para o fundo, formando o lodo. A parte líquida recebe injeção de ar, segue para o sistema biológico e depois para os decantadores secundários sem 90% das impurezas. A água formada não é própria para beber, mas pode ser devolvida aos rios ou utilizada na limpeza de ruas, rega de jardins ou processos industriais: a chamada água de reuso (SABESP, 2014).

Já a parte sólida (lodo) segue para os digestores, sendo transformado em placas que são encaminhadas aos aterros sanitários. Em algumas regiões, como Franca, este material pode ser utilizado como adubo em plantações agrícolas (SABESP, 2014).

Na Região Metropolitana de São Paulo existem 5 grandes estações de tratamento de esgotos: Parque Novo Mundo, São Miguel, Barueri, Suzano e ABC. Elas compõem o sistema principal de tratamento, mas existem também sistemas isolados com pequenas unidades ou lagoas de tratamento que são muito utilizadas em cidades ou distritos menores (SABESP, 2014).

No caso das lagoas de tratamento o processo é mais natural e consiste na decantação dos esgotos e utilização de outros processos para melhorar a eficiência e a qualidade da água final (SABESP, 2014).

### **2.8.1 Coleta e Tratamento de Esgoto no Estado de São Paulo**

O lançamento de esgotos domésticos in natura, ou parcialmente tratados, ainda é uma das principais causas da poluição das águas no Estado de São Paulo. A redução da qualidade das águas dos rios, reservatórios, estuários e regiões costeiras restringem seus múltiplos usos

e contribui para o aumento da ocorrência de doenças de veiculação hídrica, causadas pelo contato primário ou pela ingestão de água contaminada (CETESB, 2012).

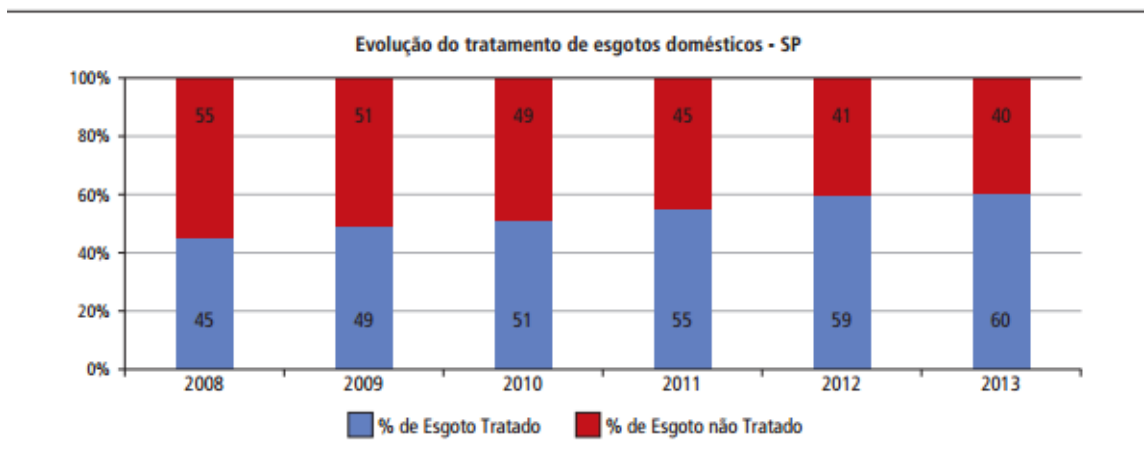
Um dos principais indicadores do lançamento de esgotos domésticos sem tratamento é o aumento da presença de Coliformes Termotolerantes na água. O conseqüente aumento da concentração da matéria orgânica e a sua decomposição pelos microrganismos determinam a redução nos níveis de Oxigênio Dissolvido no meio aquático, que pode chegar a anoxia, ausência de oxigênio, dependendo das características do lançamento e do rio (CETESB, 2012).

Quando os níveis de Oxigênio Dissolvido tendem a zero, a decomposição da matéria orgânica ocorre em meio anaeróbico com o aparecimento subsequente de subprodutos voláteis odoríferos que emanam dos corpos de água, causando incômodos à população e danos aos materiais e à flora. Em meio aeróbico, além da decomposição da Matéria Orgânica Carbonácea, ocorre também a decomposição da Matéria Orgânica Nitrogenada, que converte o Nitrogênio Orgânico a Nitrato que, junto com o Fósforo, consistem em nutrientes essenciais para a atividade biológica, sendo que o último é considerado fator limitante. Quando em excesso, esses nutrientes provocam o crescimento excessivo de algas e macrófitas aquáticas, provocando a ocorrência do fenômeno denominado de Eutrofização. Com o lançamento indevido de esgotos domésticos também aumentam a Turbidez e as concentrações de Surfactantes e de Sólidos Totais ( CETESB, 2012).

O aumento da porcentagem da população atendida pelos serviços de coleta e tratamento de esgotos é fundamental para a melhoria da qualidade das águas e o desenvolvimento sustentável do Estado de São Paulo. Nesse sentido, as empresas de saneamento vêm trabalhando para universalizar o tratamento dos esgotos domésticos no Estado de São Paulo. O governo do Estado de São Paulo, por meio da Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos, afirma que o prazo para a universalização do tratamento de esgoto no Estado de São Paulo deverá ocorrer em 2020 ( CETESB, 2012).

Desta forma, em 2012, com a implantação e operação de novas Estações de Tratamento de Esgotos, houve um aumento do percentual de tratamento dos esgotos domésticos no Estado de São Paulo, atingindo o índice global de 59% como demonstrada na figura .( CETESB, 2012).

**Figura 1** – Evolução do tratamento de esgotos domésticos do estado de São Paulo



Fonte: Cetesb (2012)

## 2.8.2 INDICADOR DE COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTO DE POPULAÇÃO URBANA DE MUNICÍPIOS – ICTEM

O ICTEM é apresentado neste relatório, pois a qualidade das águas superficiais é bastante influenciada pelas condições de saneamento básico das cidades. Muitas dessas não possuem infraestrutura de saneamento suficiente para sua população, sendo o aporte de esgotos domésticos para os corpos hídricos um problema urbano. O ICTEM retrata uma situação que leva em consideração a efetiva remoção da carga orgânica, (em relação à carga orgânica potencial gerada pela população urbana), sem deixar, entretanto, de observar a importância de outros elementos que compõem em um sistema de tratamento de esgotos, como a coleta, o afastamento e o tratamento (CETESB, 2012).

**Figura 2 – Dados do saneamento básico por município.**

URBEM	Município	Concessão	População Urbana	Atendimento (%)		Eficiência	Carga Poluidora (kg DBO/dia)		ICTEM	Corpo Receptor
				Coleta	Tratamento		Potencial	Remanesc.		
1	Campos do Jordão	SABESP	49908	45	0		2.695	2.695	0,68	Rio Capivari e Rio Sapucaí-Guaçu e afluentes.
1	Santo Antônio do Pinhal	SABESP	4002	46	100	86,00	216	131	5,26	Rio da Prata e Rio Preto e afluentes
1	São Bento do Sapucaí	SABESP	5215	92	82	89,68	282	91	7,51	Rio Sapucaí Mirim e afluentes.
2	Aparecida	PM	35625	79	0		1.924	1.924	1,19	Rio Paraíba
2	Araçoiás	SABESP	1911	58	100	96,00	103	46	6,49	Rio Barreiro de Baixo
2	Areias	PM	2574	90	0		139	139	1,35	Rib.Vermelho
2	Bananal	SABESP	8522	97	100	82,00	460	94	8,63	Rio Bananal
2	Caçapava	SABESP	76723	95	99	77,38	4.143	1.128	8,14	R.Paraiiba e Cór.Boçoroca
2	Cachoeira Paulista	SABESP	25960	100	49	24,24	1.402	1.235	3,51	R.Paraiiba, Rib.das Pitas, Minhocas; Aguada; Cor. Rio Branco
2	Canas	SABESP	4383	90	100	52,00	237	126	6,39	Ribeirão Canas
2	Cruzeiro	SAAE	78359	98	0		4.231	4.231	1,47	R.Paraiiba, Rib.Lopes e Cór.Pontilhão
2	Cunha	PM	12381	90	16	56,00	669	615	2,11	Cór.do Rodeio
2	Guararema	SABESP	23819	70	49	93,00	1.286	876	4,36	Rio Paraíba
2	Guaratinguetá	CAB GUARATINGUETÁ	112088	90	18	38,22	6.053	5.678	2,22	R.Paraiiba, Rib.Guaratinguetá, S.Gonzalo e Motas
2	Igaratá	SABESP	7338	57	100	91,00	396	191	6,23	Rib.Palmeiras afluente do Res.do Jaguari
2	Jacareí	SAAE	219983	89,4	18	91,17	11.879	10.136	3,06	R.Paraiiba do Sul e Rib.Turi
2	Jambeiro	SABESP	2809	99	100	88,00	152	20	9,99	Rib.Capivari
2	Lagoinha	SABESP	3219	100	100	90,00	174	17	10,00	Rib.Botucatu
2	Lavrinhas	SABESP	6379	59	18	96,00	344	309	1,82	R.Paraiiba do Sul; Rio Jacu
2	Lorena	SABESP	83864	99	100	56,00	4.529	2.018	7,09	R.Paraiiba do Sul e Rib.Taboão
2	Monteiro Lobato	SABESP	1891	87	88	75,43	102	43	6,88	Rio Buquira
2	Natividade da Serra	PM	2848	96	50	95,00	154	84	5,65	Represa Paraibuna
2	Paraibuna	PM	5439	98	0		294	294	1,47	R.Paraiibuna
2	Pindamonhangaba	SABESP	151413	96	99	76,82	8.176	2.207	8,17	R.Paraiiba, Rib.Curuputuba e Uma.
2	Piquete	CAB PIQUETE	13372	76	0		722	722	1,14	Rios Piquete, Benfica e Sertão
2	Potim	PM	16304	100	10	60,00	880	828	2,04	Rio Paraíba
2	Queuz	SABESP	10034	100	0		542	542	1,50	Rios Verde e Paraíba
2	Redenção da Serra	SABESP	2258	62	100	89,00	122	55	6,52	Res.Paraibuna
2	Roseira	SABESP	9656	89	100	72,36	521	186	7,22	R.Pirapitingui
2	Santa Branca	PM	12697	99	4	52,00	686	672	1,68	Rib.Barretos e R.Paraiiba
2	Santa Isabel	PM	42205	82	0		2.279	2.279	1,23	R.Araraquara e Res.Jaguari
2	São José do Barreiro	PM	2949	50	0		159	159	0,75	Rib.do Barreiro e Cór.da Estância
2	São José dos Campos	SABESP	659558	91	90	50,56	35.616	20.869	5,61	R.Paraiiba do Sul, Cambuí, Peixe, Alambari e Pararangaba
2	São Luís do Paraitinga	SABESP	6373	84	100	92,32	344	77	8,30	Rios Paraitinga e Chapéu
2	Silveiras	SABESP	3024	96	100	80,00	163	38	8,13	Rib.Silveiras
2	Taubaté	SABESP	290035	92	100	73,45	15.662	5.079	7,27	Cór.Judeu, Piracangaguá e J.Raimundo
2	Tremembé	SABESP	39538	84	100	72,00	2.135	844	6,69	R.Paraiiba do Sul

Fonte: Cetesb (2012).

Além disso, considera também o atendimento à legislação quanto à eficiência de remoção (superior a 80% da carga orgânica) e a conformidade com os padrões de qualidade do corpo receptor dos efluentes. De maneira geral, o indicador permite transformar os valores nominais de carga orgânica em valores de comparação entre situações distintas dos vários municípios, refletindo a evolução ou estado de conservação de um sistema público de tratamento de esgotos. Por hipótese, foi admitido que qualquer efluente não encaminhado à rede pública coletora de esgotos, que não pertencesse a sistemas isolados de tratamento, seria considerado como carga poluidora sem tratamento ou não adequadamente tratada. Dessa

maneira, situações individualizadas do tipo fossa séptica e infiltração são contabilizadas como cargas potenciais sem tratamento. A Figura 6 apresenta a somatória de população atendida por coleta e tratamento de esgotos domésticos por Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI (CETESB, 2012).

## 2.9 A Eutrofização

A adição de nutrientes inorgânicos e de matéria orgânica aumenta a fotossíntese e a respiração nos corpos d'água. Esta é uma situação chamada de eutrofização, e é uma condição para um processamento de energia de alto metabolismo (BEYERS E ODUM, 1994).

Segundo Wetzel (1993) a eutrofização é um dos estados da sucessão natural dos ecossistemas aquáticos. À medida que o tempo passa e os nutrientes vão se acumulando, havendo um desenvolvimento cada vez maior das populações de fitoplâncton, observa-se com frequência o florescimento de algas. Quando acontece naturalmente, a eutrofização é gradual e muito lenta (demora muitas dezenas de anos a estabelecer-se).

Entretanto, quando este processo é acelerado, há um aumento desordenado na produção de biomassa, impossibilitando a sua incorporação pelo sistema aquático com a mesma velocidade e provocando, assim, um desequilíbrio ecológico. Denomina-se este processo de eutrofização cultural (SOUZA, 1993).

Segundo Henry, et al. (1983) a eutrofização artificial ou cultural é a designação empregada para diferenciar a ação do homem, daquela causada na evolução dos ambientes aquáticos, isto é, a eutrofização causada por um influxo nutritivo natural.

A descarga de fontes difusas e pontuais de nitrogênio e fósforo nos rios, a partir de esgotos não tratados e de usos de fertilizantes produz o fenômeno de eutrofização cujos efeitos ecológicos, na saúde humana nos custos do tratamento de água são relevantes especialmente em regiões de intensa urbanização.

As suas principais conseqüências nos sistemas aquáticos são: aumento da biomassa e da produção primária do fitoplâncton; diminuição de diversidade de espécies; diminuição da concentração de oxigênio dissolvido; diminuição na concentração de íons; aumento do fósforo total no sedimento; aumento da frequência do florescimento de cianofíceas (TUNDISI, 1986).

Anoxia (ausência de oxigênio dissolvido), que causa a morte de peixes e de invertebrados e também resulta na liberação de gases tóxicos com odores desagradáveis.

Florescimento de algas e crescimento incontrolável de outras plantas aquáticas.

Produção de substâncias tóxicas por algumas espécies de cianofíceas.

Altas concentrações de matéria orgânica, as quais, se tratadas com cloro, podem criar compostos carcinogênicos.

Deterioração do valor recreativo de um lago ou de um reservatório devido à diminuição da transparência da água.

Acesso restrito à pesca e às atividades recreativas devido ao acúmulo de plantas aquáticas.

Menor número de espécies de plantas e animais (biodiversidade)

Alterações na composição de espécies daquelas mais importante para as menos importantes (em termos econômicos e valor protéico).

Depleção de oxigênio, nas camadas mais profundas, durante o outono em lagos e reservatórios de regiões temperadas.

Diminuição da produção de peixes causada por depleção de oxigênio na coluna d'água. (Instituto Internacional de Ecologia, 2000).

O aumento de nutrientes em quantidades inadequadas pode causar ao ecossistema o processo de eutrofização, de acordo com a produtividade biológica, podemos classificar em oligotróficos, que possuem baixa produtividade biológica e baixa concentração de nutrientes, eutróficos, com produção vegetal excessiva e alta concentração de nutrientes, e mesotróficos com características intermediárias. Nesse processo a camada superior do rio passa a ser a zona produtora de oxigênio, pela presença de algas, e a camada inferior a zona consumidora de oxigênio, pela presença de decompositores, A quantidade de matéria orgânica a ser decomposta passa ser tão grande que os peixes passam a competir com os decompositores pelo oxigênio disponível.

Para saúde humana o excesso de nutrientes nas águas dos rios é nocivo principalmente a crianças, a forma de nitrato está associada a doença matahemoglobina, responsável por acometer bebês ao dificultar o transporte de oxigênio na corrente sanguínea podendo levar a morte. A doença decorre da redução do nitrato a nitrito na saliva ou no trato intestinal, esta forma de nitrogênio oxida a hemoglobina (proteína responsável pelo transporte de oxigênio) do sangue a meta-hemoglobina, levando a anoxia.



A prevenção a poluição é mais eficaz e normalmente mais barata, em longo prazo, do que a limpeza. Se a absorção excessiva de nutriente vegetal parar, um lago pode voltar ao seu estado anterior (MILLER JR, 2013).

### 2.9.1 METODOS PARA AVALIAÇÃO DA EUTROFIZAÇÃO DOS RESERVATORIOS

O estudo da eutrofização é de grande importância na avaliação da poluição hídrica, pois está relacionado à produção primária dos organismos vegetais (SPERLING, 1996).

**Quadro 1** – Valores para classificação de reservatórios

ESTADO TRÓFICO	CRITÉRIO	P-TOTAL
ULTRAOLIGOTRÓFICO	$IET \leq 47$	$\leq 13$
OLIGOTRÓFICO	$47 < IET \leq 52$	$13 < P \leq 35$
MESOTRÓFICO	$52 < IET \leq 59$	$35 < P \leq 137$
EUTROFICO	$59 < IET \leq 63$	$137 < P \leq 296$
SUPEREUTROFICO	$63 < IET \leq 67$	$296 < P \leq 640$
HIPEREUTROFICO	$IET > 67$	$P > 640$

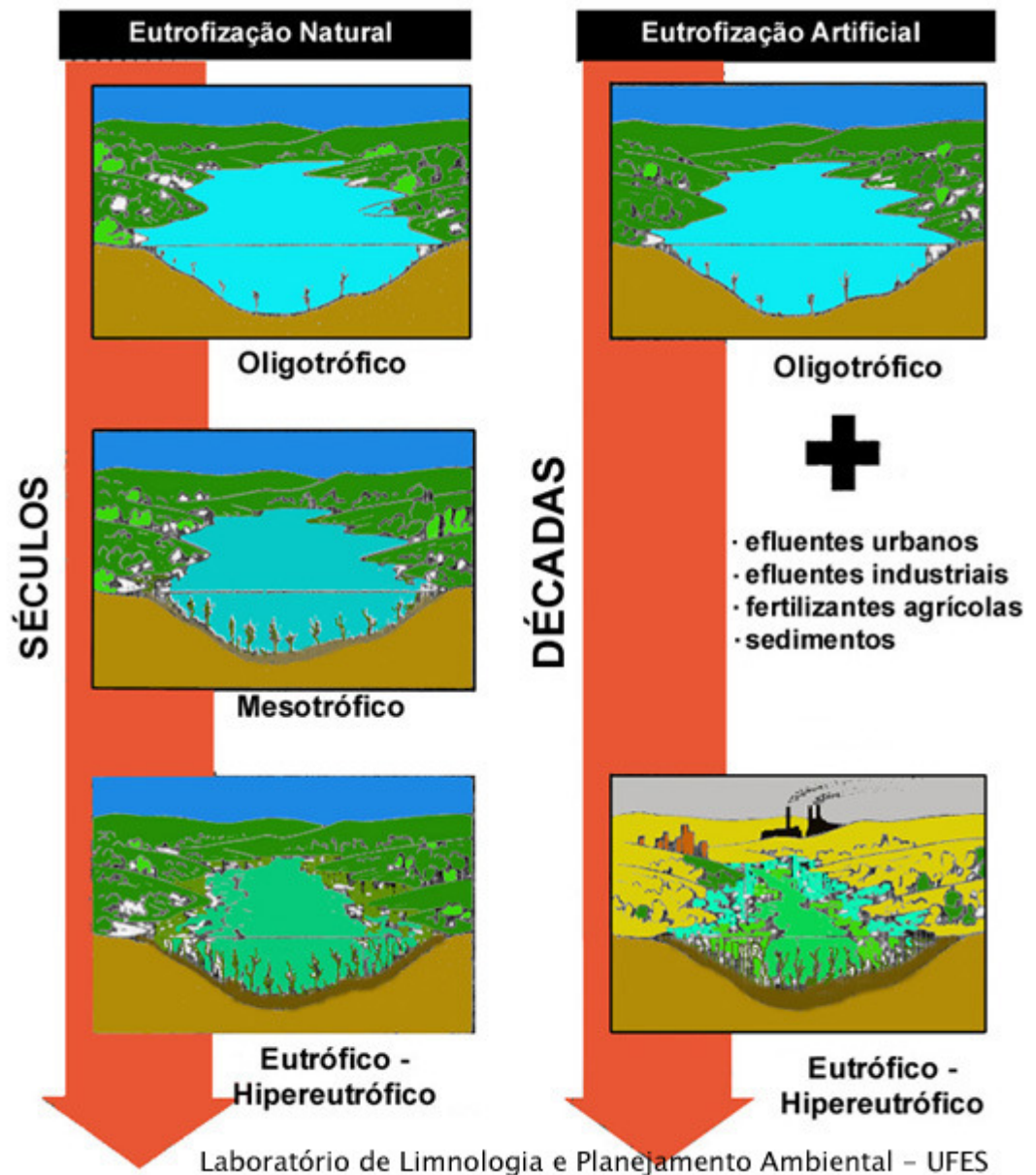
Fonte: Cetesb (2008).

Segundo Oishi (1990) o estado trófico de um reservatório pode ser avaliado através de aspectos biológicos, aspectos físico-químicos, índices e modelos de carga conforme figura 3.

Tundisi e Matsumura-Tundisi (1992), analisaram a utilização de diversos métodos de avaliação da eutrofização e fizeram as seguintes observações: informações quantitativas quando utilizadas na determinação do estado trófico, através de parâmetros selecionados, geram dificuldades em relacionar os dados obtidos a categorias limnologicamente definidas dos corpos d'água, ou seja, oligotrófico, mesotrófico e eutrófico. Dessa forma, se forem acrescentadas certas observações qualitativas aos parâmetros quantitativos, podemos obter uma melhor definição de um estado trófico de um lago, rio ou reservatório (VOLLENWEIDER, 1989).

A disponibilidade de poucos dados a respeito de coeficientes de exportação de nutrientes a partir de solos tropicais para lagos, reservatórios e rios, conduz à aplicação de valores de coeficientes de exportação a partir de regiões temperadas, podendo resultar numa análise inadequada. Dessa forma, é importante a obtenção de dados de campo experimentais para solos tropicais.

**Figura 3** – eutrofização cultural x eutrofização artificial



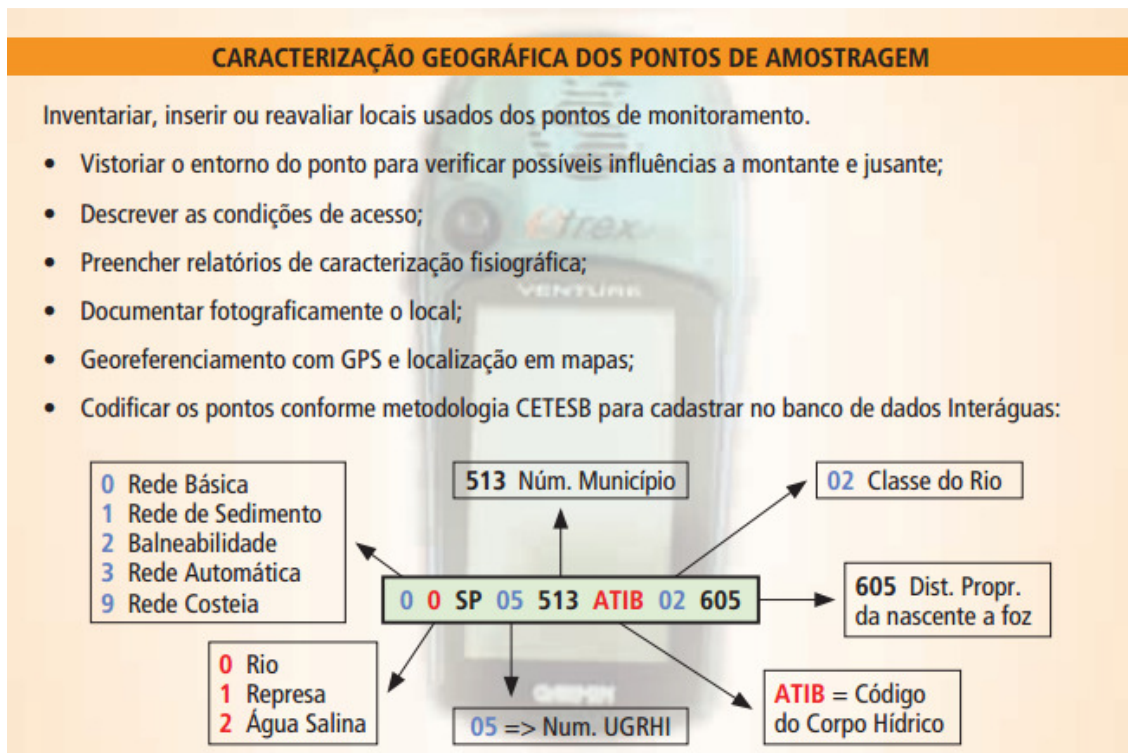
Fonte: Laboratório de limnologia e planejamento ambiental (2014).

No marco deste programa, Salas e Martino (2001), propõem uma metodologia simplificada para determinação do estado trófico de lagos e reservatórios tropicais aquecidos.

### 3 AMOSTRAGEM E INDICADORES DE QUALIDADE

Os pontos de amostragem, antes de integrar as redes de monitoramento, são vistoriados e caracterizados geograficamente com a finalidade de se compilar os dados essenciais ao processo de codificação, bem como a de se identificar possíveis contribuições do uso do solo no entorno. Na Figura 4, é apresentado um exemplo da codificação utilizada pela Cetesb. O gerenciamento das informações dos pontos de amostragem e das variáveis de qualidade é realizado por meio do banco de dados relacional Interáguas, desenvolvido pela Cetesb.

**Figura 04** – Processo de codificação e georeferenciamento dos pontos de amostragem.



Fonte: Cetesb (2012).

O método utilizado para pesquisa foi o levantamento de estudos realizados pela Cetesb nos últimos cinco anos, com dados fornecidos através do programa de monitoramento das águas do rio Paraíba do Sul.

Os índices são utilizados por fornecer uma visão geral da qualidade da água, pois integram os resultados de diversas variáveis através de um único indicador, figura 5.

**Figura 5** – Redes de monitoramento de água doce – 2012.

Monitoramento CETESB	Objetivos	Início de Operação	Pontos	Frequência	Variáveis
Rede Básica	Fornecer um diagnóstico geral dos recursos hídricos no Estado de São Paulo.	1974	344	Semestral/ Bimestral	Físicas Químicas Biológicas
Rede de Sedimento	Complementar o diagnóstico da coluna d'água.	2002	21	Anual	Físicas Químicas Biológicas
Balneabilidade de Rios e Reservatórios	Informar as condições da água para recreação de contato primário/banho à população.	1994	30	Semanal/ Mensal	Biológicas
Monitoramento Automático	Controle de fontes poluidoras domésticas e industriais, bem como controle da qualidade da água destinada ao abastecimento público.	1998	13	Horária	Físicas Químicas

Fonte: Cetesb (2012).

As variáveis de qualidade de água utilizadas pela Cetesb para o cálculo dos respectivos índices são apresentadas no Anexo B. Para o cálculo do IQA, são consideradas variáveis de qualidade que indicam o lançamento de efluentes sanitários para o corpo d'água, fornecendo uma visão geral sobre as condições de qualidade das águas superficiais. O IQA pode ser calculado considerando E. Coli ou o grupo de Coliformes Termotolerantes. Este índice é calculado para todos os pontos da rede básica.

IAP: O IAP avalia, além das variáveis consideradas no IQA, as substâncias tóxicas e as variáveis que afetam a qualidade organoléptica da água, advindas, principalmente, de fontes difusas. Ressalta-se que o IAP é calculado somente em quatro meses (dos seis em que os mananciais são monitorados), devido à análise do Potencial de Formação de Trihalometanos ser realizada com essa frequência. Este índice é calculado apenas nos pontos que são coincidentes com captações utilizadas para abastecimento público.

IET: O Índice do Estado Trófico classifica os corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas. Para o cálculo do IET, são consideradas as variáveis, Clorofila a e Fósforo Total. Este índice é calculado para todos os pontos da rede básica.

IVA: No cálculo do IVA, além das variáveis do IET, incluem-se também as variáveis essenciais para a vida aquática como o Oxigênio Dissolvido, PH e Toxicidade, assim como as Substâncias Tóxicas.

IB: O Índice de Balneabilidade utiliza as variáveis E.coli ou Coliforme Termotolerante para indicar a classificação das condições de contato primário das praias de água doce. Os reservatórios impactados por lançamentos domésticos são

avaliados semanalmente, enquanto que aqueles em melhores condições, mensalmente. Na Figura 13, apresenta-se o total dos 26 pontos distribuídos ao longo da calha do Rio Paraíba do Sul, bem como nos reservatórios de suas cabeceiras (CETESB, 2012).

**Figura 6** – Número de pontos de amostragem no rio Paraíba do sul

Corpo Hídrico	R.B.	Baln.	Monit. Aut.	Sed.	Total
<b>Rio Paraíba do Sul</b>	<b>11</b>		<b>4</b>		<b>15</b>
Rio Paraitinga	1				1
Braço do Paraitinga	1				1
Braço do Rio Palmital		1			1
Rio Paraibuna	1				1
Braço do Paraibuna	1				1
<b>Reservatório de Santa Branca</b>	<b>1</b>				<b>1</b>
<b>Rio Jaguari - UGRHI 02</b>	<b>2</b>				<b>2</b>
Reservatório do Jaguari - UGRHI 02	2			1	3
<b>Rio Paraíba do Sul + Reservatórios</b>	<b>20</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>26</b>

Fonte: Cetesb (2012)

A bacia do Rio Paraíba do Sul, que atravessa a porção sudeste do Estado de São Paulo, drena também parte dos territórios de Minas Gerais e Rio de Janeiro. Esse rio possui 15 pontos que monitoram captações de abastecimento público de importantes municípios que se desenvolveram às suas margens, bem como para verificar os impactos das fontes de poluição de origem doméstica e industrial. Nas cabeceiras, estão localizados os Reservatórios de Santa Branca e do Jaguari, também utilizados para abastecimento público e os Reservatórios de Paraibuna e de Paraitinga, que geram energia elétrica e regularizam a vazão do Paraíba, além de proporcionar atividades de lazer. Em 2012, foram inseridos três novos pontos nos rios Jaguari, Paraitinga e Paraibuna, em áreas de classe especial, formadoras de manancial, advindos do termo de cooperação com a CESP. (CETESB, 2012).

### 3.1 Resultados

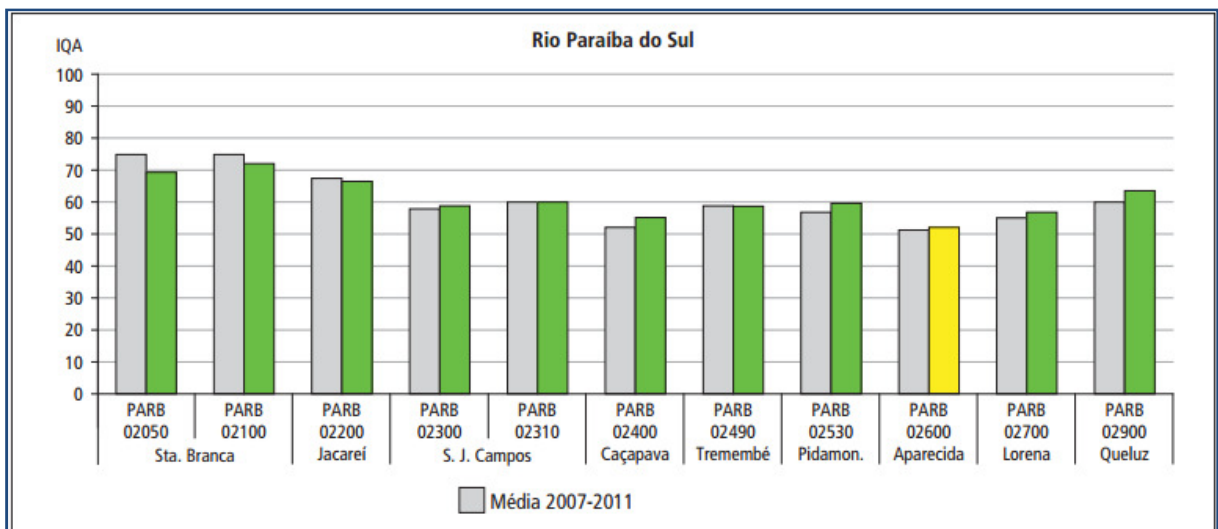
A Figura seguir mostra a comparação dos dados obtidos, dos valores de nitrato e fósforo total por ponto de amostragem, denominada pela Cetesb como UGRHI 2.

Para cada ponto de amostragem, que compõem a rede de monitoramento de águas, foi realizada uma análise comparativa das principais variáveis sanitárias entre a média de 2008 e a dos últimos cinco anos.

A qualidade das águas dos corpos hídricos é influenciada por lançamentos de origem orgânica e inorgânica. O comprometimento por lançamentos domésticos pode ser avaliado, principalmente, pelas variáveis sanitárias, tais como Condutividade, Turbidez, Nitrato, Nitrogênio Amoniacal, Oxigênio Dissolvido,  $DBO_{5,20}$ , Fósforo Total, Coliformes termotolerantes e Clorofila a.

Com relação às fontes industriais, focaram-se as substâncias inorgânicas tóxicas, tais como os Metais Pesados e a Toxicidade, que é utilizada para avaliar de forma indireta a presença de contaminantes tóxicos na água. O número de Células de Cianobactérias está incluído nesse grupo, por ser um indicador biológico da presença de compostos tóxicos na água.

**Figura 7** – Perfil do IVA ao longo do Rio Paraíba do Sul em 2012.



Fonte: Cetesb (2013).

A Figura 15 apresenta o perfil do IQA para o Rio Paraíba do Sul, no seu trecho de montante, que percorre a UGRHI 2, em direção ao Estado do Rio de Janeiro. Em 2012, a qualidade deste rio enquadrou-se na categoria Boa, mantendo a tendência de melhora de suas águas. Apenas o ponto de Aparecida indicou qualidade Regular, devido ainda à carência de tratamento de esgoto doméstico deste município.

**IQA – Índice de qualidade da água**

Os índices de qualidade das águas indicam uma classificação para a qualidade dos corpos hídricos a partir da integração de variáveis de qualidade específicas, de acordo com os seus múltiplos usos. Os resultados, para os pontos da Rede Básica, dos índices utilizados pela Cetesb (Figura 16), ao longo do ano, são apresentados, assim como a média anual de cada um dos 333 pontos de amostragem da rede básica de água, em 289 foi possível o cálculo do IQA. Os resultados mensais e a média anual do IQA, em 2008.

**IAP – Índice de abastecimento público**

Entre os 369 pontos de monitoramento da Rede Básica, 76 coincidem com a captação de água para abastecimento público. Os valores do IAP para esses pontos são apresentados nas tabelas a seguir. O cálculo do IAP ocorre somente em quatro das seis vezes em que os mananciais são monitorados durante o ano em que todas as variáveis componentes deste índice são analisadas. As amostragens ocorrem igualmente nos períodos mais secos (maio a agosto) e nos mais chuvosos (novembro a fevereiro).

**IET – Índice de estado trófico**

Nas tabelas do anexo G, estão apresentados os resultados do IET para os 213 pontos da Rede Básica em que foi determinado tanto o IET do Fósforo quanto o IET da Clorofila a.

**IVA – Índice de qualidade da água para proteção de vida aquática**

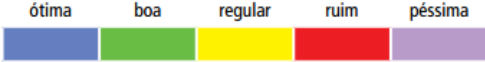
O IVA pode ser calculado em todos os pontos da Rede Básica, exceto para os corpos hídricos de Classe 4 (CONAMA 357/05) onde não há previsão de proteção à vida aquática. No anexo H, é demonstrado os resultados obtidos de 2008 a 2012.



## IB – índice de Balneabilidade

O índice de balneabilidade, indica se o local esta próprio ou impróprio pra banho. A prainha de Redenção da Serra possui monitoramento com frequência semanal de amostragem, pois são mais afetadas por fontes de poluição de origem fecal. As demais praias possuem frequência mensal, pois apresentam, de um modo geral, condição boa para o banho, além de estarem mais afastadas das áreas urbanas. Nas tabelas a seguir são demonstrados o índice dos anos de 2008 a 2012.

**Figura 8-** Resultados anuais do índice de balneabilidade

Legenda: 

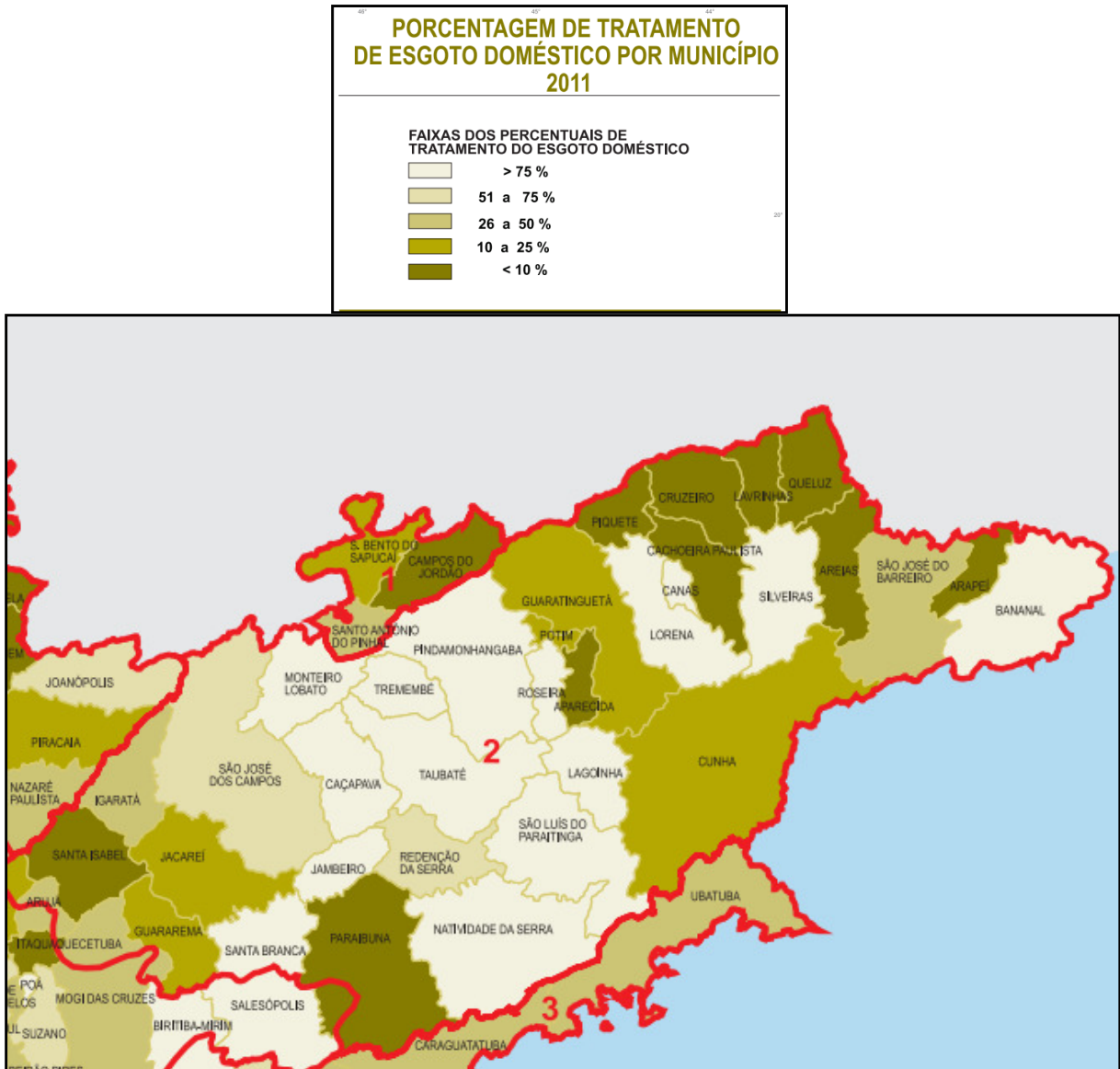
UGRHI	Corpo Hídrico	Código	Praia - Local de Amostragem	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
2	RIBEIRÃO GRANDE	RIBG 02402	À MONTANTE DO BAR DO EDMUNDO							regular	ruim	regular	regular
	RIO PIRACUAMA	UAMA 00601	BALNEÁRIO PIRACUAMA - REINO ÁGUAS CLARAS						ótima	ruim	ruim	regular	ruim
	RES. DE PARAITINGA/ BRAÇO DO RIO PALMITAL	BPAL 00011	PRAINHA DE REDENÇÃO DA SERRA						ótima	ótima	regular	regular	ruim

Fonte: Cetesb (2013).



A visualização geográfica das porcentagens de tratamento e do ICTEM encontram-se na Figura 09.

**Figura 09** – Porcentagem de tratamento de esgoto doméstico por município



Fonte: Cetesb (2013).

#### 4 DISCUSSÃO

Em 2008, o Rio Paraíba do Sul, analisando-se o comportamento das principais variáveis de qualidade avaliadas, nos onze pontos de monitoramento do Rio Paraíba do Sul, identificaram-se dois trechos críticos, um entre São José dos Campos (PARB 02300, ANEXO A) e Caçapava (PARB 02400, ANEXO A) e outro em Aparecida (PARB 02600, ANEXO A). Nesses trechos, as concentrações de Fósforo Total e de Coliformes Termotolerantes foram

maiores e as de Oxigênio Dissolvido atingiram os menores valores, indicando o lançamento de esgotos domésticos sem tratamento.

Apesar de Caçapava tratar 85% dos esgotos domésticos gerados, a baixa qualidade verificada no Ponto PARB 02400 (ANEXO A), é reflexo do esgoto lançado sem tratamento no trecho de montante desde Santa Branca. A recuperação da qualidade, verificada no trecho entre Tremembé (PARB 02490, ANEXO A) e Pindamonhangaba (PARB 02530, ANEXO A) foi interrompida pelos lançamentos do município de Aparecida, bem como das obras em andamento da rede de esgotos de Taubaté e Tremembé; no entanto, o Rio Paraíba do Sul, em seu trecho final no Estado de São Paulo, retorna a recuperar sua qualidade.

Já em 2010 O rio Paraíba do Sul apresentou aumento no grau de trofia, com uma tendência de piora nos últimos seis anos tanto no seu trecho inicial no Reservatório do Jaguari (JAGJ 00200, ANEXO A) e no município de Santa Branca (PARB 02050 e PARB02100, ANEXO A) como na região de Queluz (PARB 02900, ANEXO A).

No ano de 2012 na UGRHI 2 - Reservatório do Jaguari (JAGJ 00200) Apesar de ainda não possuir estoque de fósforo em seus sedimentos, o Reservatório do Jaguari está em processo de eutrofização, evidenciada pela concentração de fósforo na água superficial. A comunidade bentônica apresentou alta diversidade, embora já exiba dominância e elevada densidade de grupos tolerantes, refletindo o grau de trofia do ambiente. Foram observados efeitos nos ensaios Microtox e Salmonela/microsoma, os quais podem estar associados a contaminantes presentes em concentrações que ainda não causam efeito detectável para organismos superiores. Apresenta o perfil do IQA para o Rio Paraíba do Sul, no seu trecho de montante, que percorre a UGRHI 2, em direção ao Estado do Rio de Janeiro. Em 2012, a qualidade deste rio enquadrou-se na categoria Boa, mantendo a tendência de melhora de suas águas. Apenas o ponto de Aparecida indicou qualidade Regular, devido ainda à carência de tratamento de esgoto doméstico deste município.

#### **4.1 Índice de balneabilidade**

Na UGRHI 2 praias foram monitoradas com frequência semanal. A praia de Redenção da Serra foi classificada como Ruim. Porém, essa praia esteve própria para o banho em 74 % do tempo. As praias do Rio Piracuama e do Ribeirão Grande continuaram com a classificação Péssima.

## 4.2 As Variáveis que Caracterizam a Matéria Orgânica (DBO)

DBO<sub>5,20</sub> indica a quantidade de oxigênio necessário para oxidar a matéria orgânica por meio de processos bioquímicos aeróbios para um período de incubação de cinco dias, a 20 ° C, necessária para estabilizar as formas inorgânicas. Esta determinação é conhecida como DBO<sub>5,20</sub> e mede indiretamente se os corpos de água têm boas condições de oxigenação e se o fluxo de matéria orgânica está ocorrendo nos corpos d'água.

Resolução nº 357 (CONAMA, 2005), estabelece que o valor limite para DBO<sub>5,20</sub> é de 5 mg/L de O<sub>2</sub>. Os resultados mostraram que este valor no Rio Jaguari, próximo a foz do Rio Paraíba foi de 7 mg/L, e também nos pontos PARB 2400(ANEXO A), PARB 2490(ANEXO A), que são respectivamente, o trecho de Caçapava e na captação da Sabesp de Taubaté que abastece Tremembé os valores atingiram de 5 mg/L, os mesmos valores foram encontrados na captação de aparecida e no trecho que liga os municípios de Lorena a Piquete.

## 4.3 Compostos Nitrogenados

No que diz respeito ao comportamento dos compostos azotados, o fluxo pode, em geral, ser de precipitação, tal como a matéria orgânica e inorgânica de origem alóctone e também ser fixada na atmosfera perto do meio líquido. Tais compostos podem ter várias formas químicas, como a oxidação, tal como o nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (aq)) e nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (aq)). Estas duas formas são conhecidas como azoto total oxidado. Eles também podem ser reduzidas em formas, tais como amoníaco (NH<sub>3</sub> (g)) e o íon amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (aq)), azoto amoniacal. Nitrogênio amoniacal e nitrogênio orgânico é nomeado total Kjeldahl-Nitrogen (TKN). Além disso, o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e de azoto molecular (N<sub>2</sub> (g)), deixando a atmosfera do azoto orgânico dissolvido e azoto orgânico em partículas. British Columbia (1998) e Mcneely (1979) relatou que, em termos de corpos d'água, o nitrato de amônio é de grande importância, tendo em conta que eles representavam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários. Quando estes compostos não têm, em primeiro lugar, compostos inorgânicos são utilizados e que falta a este último, as formas de azoto orgânico dissolvido.

Os teores médios de nitrato maiores encontrados foram 1,49 mg/L de N encontrados no Ponte na estrada de acesso ao Reservatório do Jaguari, próximo à cervejaria Brahma, em Jacaréí ponto PTEI02900, que não atingiram o limite estabelecido pela Resolução nº 357/005 (CONAMA, 2005) de 10 mg/L de N. Como o nitrato é geralmente presentes em concentrações moderadas em corpos d'água como um metabólito natural do processo de nitrificação (conversão de amônia ou nitrito ou em nitrato), valores elevados podem levar à proliferação em massa de fitoplâncton e macrófitas em águas de baixa energia. British

Columbia (1998) e Mcneely et al., (1979) explicou que as principais fontes de entrada de nitrato nos corpos d'água foram adubos utilizados na fertilização do solo, efluentes domésticos e industriais, bem como dejetos dos animais, não descarta a fixação atmosférica de azoto. Valores de nitratos em alguns pontos como PTEI02900(ANEXO A), foram ligeiramente maiores do que a média dos cinco anos anteriores.

Em relação aos últimos cinco anos, houve um aumento da concentração de nitrato nas águas do rio Paraíba, onde a média de 2012 foi maior que a média dos anos de 2007 a 2011.

Em relação ao índice de estado trófico, no mês de dezembro do ano de 2010, no ponto de amostragem localizado na ponte da cidade de Queluz (PARB02900), foi classificado como hipereutrófico. Nos anos seguintes, este mesmo local apresentou tendência de melhora, todavia em 2012 começou a apresentar uma tendência regular, apresentando estado mesotrófico no mês de dezembro. Na captação de São José dos Campos, no canal de adução com extensão 750 m, foi observada que no mês de fevereiro, o mesmo apresentou estado eutrófico, tendo melhora no mês de junho e agosto, voltando a apresentar um índice de trofia regular no mês de dezembro, classificado como mesotrófico.

Já o reservatório do Jaguari, a amostragem retirada, próximo a ponte da rodovia SP056, que liga Santa Isabel a Igarata, houve tendência de piora, onde nos cinco anos estudados não apresentou nenhuma média anual boa, mantendo a classificação mesotrófica, na média dos cinco anos. No mês de dezembro apresentou um índice supereutrófico.

Dos 21 pontos de amostragem estudados 7 apresentaram estado mesotrófico e apenas 1 supereutrófico, os demais apresentaram um índice de trofia bom permanecendo entre oligotrófico e ultraoligotrófico. De acordo com os relatórios da Cetesb, verificou-se, com relação ao IVA médio anual, que a qualidade das águas desse rio foi classificada como Ótima e Regular, apresentando piora em Caçapava e Lorena, com relação ao ano anterior. Em Caçapava, o IVA médio manteve-se na categoria Regular o ano todo, passando a Ruim em dezembro, relacionado, principalmente, a eutrofização, além de baixos valores de Oxigênio Dissolvido, sobretudo nos meses de chuvas.

Em relação ao índice de qualidade das águas (IQA), destacou-se o ponto de aparecida que não apresentou tendência de melhora devido à carência do tratamento de esgoto, na cidade.

No Rio Paraíba do sul com uma população urbana de 1.894.716 de pessoas, em relação ao atendimento de esgoto, atualmente 91% é coletado, porém apenas 63% são tratados, gerando uma carga remanescente de 56.623 Kg/dia. É importante ressaltar que as comunidades biológicas respondem mais lentamente as ações de controle que resultam em

melhoria na qualidade da água, em parte devido à carga interna de nutrientes e contaminantes dos corpos d'água, mas também devido a complexidade das interações entre as comunidades e dos organismos com o meio.

## 5 CONCLUSÃO

No que diz respeito à água, os problemas, como a eutrofização corresponde a um desenvolvimento anômalo, por um crescimento excessivo de algas macrófitas. Tal desenvolvimento se dá pelo excesso de nutrientes despejados ao longo do rio, como o fósforo e o nitrogênio, que são fatores limitantes para esse fator.

Através de uma piora nos índices de qualidade para abastecimento público, é capaz de perceber a queda da qualidade da água, afetando a população e os seres vivos das mais variadas maneiras.

Houve uma melhora na coleta de esgotos do estado de São Paulo, no ano de 2012 91% eram coletados e apenas 63% tratados, em comparação ao ano de 2008 que 89% eram coletados e apenas 34% tratados, diminuindo a DBO e melhorando o Oxigênio dissolvido, entretanto, as formas de tratamento de esgotos convencionais, não estão sendo necessárias para a redução da concentração de fósforo e nitrogênio, onde o fósforo total aumentou em apenas alguns pontos como por exemplo o rio Guaratinguetá, que possuía em 2012 uma concentração de 0,03 de fósforo total, já em 2013 apresentou um valor de 0,075 de fósforo total.

Além de afetar a Saúde humana a poluição dos recursos hídricos afeta também o lazer da população, pois os índices de balneabilidade não são adequados para que se usufruam desses rios pra o lazer.

A prevenção à poluição é mais eficaz e normalmente mais barata, em longo prazo, do que a limpeza, portanto se diminuirmos a carga em excesso de nutrientes no rio Paraíba, ao longo do tempo ele voltará ao estado natural.

## REFERÊNCIAS

- ANA - AGENCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2003: **Projeto Paraíba do Sul**. Disponível em: <<http://pbs.ana.gov.br>>. Acesso em: Out. 2014
- ALABURDA, JANETE; NISHIHARA, LINDA. **Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços**. Rev. Saúde Pública [online]. 1998, vol.32, n.2, pp. 160-165. ISSN 0034-8910.
- AMORIM, D. D; FERREIRA, M. E. 2000: **Um estudo sobre a qualidade das águas do Rio Paraíba do Sul no Vale do Paraíba do Sul no período de 1978 a 1994**. Resumos do XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Belo Horizonte, MG. 2000.
- BECEGATO, V. A; FERREIRA, FJ F.; CABRAL, JB P e Neto, SLR (2008), **Gamma-ray Sensor Espectrometria e geoquímica prospecção em uma área de plantação de cana de açúcar**. Arquivos Brasileiros de Biologia e Tecnologia, 51, ( 1), 1-10.
- BEYERS, R.J.; ODUM, H.T. **Ecological Microcosms**. Springer Verlag, New York, NY, 1993. 557 p.
- BRITISH COLUMBIA. **Diretrizes para a Interpretação da Qualidade da Água de dados: Versão 1.0**, (1998). Disponível em: <<http://srmwww.gov.bc.ca/risc/pubs/aquatic/interp/interp-01.htm>> Acesso em: Mar. 2014.
- CASTAGNINO, W.A. **Investigación de Modelos Simplificados de Eutroficación en Lagos Tropicales**. Organización Panamericana de la Salud, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Versión revisada, 1982. 27 p.
- CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2008**. São Paulo, 2009. (Série Relatórios). Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/relatorios.asp>>. Acesso em: Jul. 2013.
- \_\_\_\_\_. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2009**. São Paulo, 2010. (Série Relatórios). Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/relatorios.asp>>. Acesso em: Ago. 2013
- \_\_\_\_\_. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2010**. São Paulo, 2011. (Série Relatórios). Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/relatorios.asp>>. Acesso em: Ago. 2013
- \_\_\_\_\_. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2011**. São Paulo, 2012. (Série Relatórios). Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/relatorios.asp>>. Acesso em: Ago. 2013
- \_\_\_\_\_. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2012**. São Paulo, 2013. (Série Relatórios). Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/relatorios.asp>>. Acesso em: Ago. 2013
- \_\_\_\_\_. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2013**. São Paulo, 2014. (Série Relatórios). Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/relatorios.asp>>. Acesso em: Out. 2014

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n ° 357 Brasília: Ministério do Meio Ambiente, IBAMA, (2005).** Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama> >. Acesso em: Mar. 2014

\_\_\_\_\_. **Resolução n ° 20 Brasília: Ministério do Meio Ambiente, IBAMA, (1986).** Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama> >. Acesso em: Mar. 2014

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia.** 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1988.602 p.

GOOGLE MAPS. **Imagem satélite do rio Paraíba.** Disponível em: < <https://www.google.com.br/maps> >. Acesso em: Out. 2014.

HENRY, R., TUNDISI, J.G., CURI, P.R. **Fertilidade Potencial em Ecossistemas Aquáticos: Estimativa através de Experimentos de Eutrofização Artificial.** *Ciência e Cultura.* v.35,n.6, p.789-800, 1983.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE ECOLOGIA (IIE). **Lagos e Reservatórios. Qualidade da Água: O Impacto da Eutrofização.** RiMa, São Paulo, Brasil, 2000. v.3.28p.

JOSÉ A. MARENGO ; LINCOLN MUNIZ ALVES. **Tendências hidrológicas da bacia hidrológica do rio Paraíba do sul.** *Revista Brasileira de Meteorologia,* v.20, n.2, 215-226, 2005

JUS NAVIGANDI. **Bacia hidrográfica do Rio Paraíba.** Disponível em: < <http://jus.com.br/artigos/21663/natureza-e-aspectos-juridicos-da-cobranca-do-uso-da-agua-e-sua-aplicabilidade-pratica/2> >. Acesso em: Out. 2014

LABORATORIO DE LINMOLOGIA E PLANEJAMENTO AMBIENTAL UFES, **Processo de envelhecimento dos lagos: eutrofização natural x eutrofização artificial.** Disponível em: < [www.dern.ufes.br](http://www.dern.ufes.br) >. Acesso em: Mar. 2014.

MARQUES, APS; OLIVEIRA, HT e MACHADO, EC (2003), **Estudo Limnológico do rio Piraquara (Bacia do Alto Iguaçu):. Variação espacial e temporal da variáveis físicas e químicas e de Bacias Hidrográficas Zoneamento** *Arquivos Brasileiros de Biologia e Tecnologia* ., 46 (3), 383-394.

MCNNELY. RN, Neimanis, VP e Dwyer. L. *Qualidade da Água Sourcebook* (1979), **Um Guia para Parâmetros de Qualidade da Água.** Ottawa: Environment Canada, 90 p.

MILLER JR., G. TYLLER. **Ciência ambiental,** 2013.499p.

MÜLLER, E. **Banning Phosphates in Detergents: Preventing Contamination at the Source.** *Eawag News,* 42 E, p.12-14, 1997.

ODUM, EUGENE P.; BARRET, GARY W. **Fundamentos de ecologia,** 2008. 612p.

O'NEILL, P. **Environmental Chemistry.** 2 ed., London: Chapman & Hall, 1993.267p.





VESILIND, P. AARNE.; MORGAN, SUSAN M. **Introdução a Engenharia ambiental**, 2010.438p.

WETZEL, R.G. 1993. **Limnologia**. Fundação Calouste Gulbenkian. 1011 p.

## ANEXOS

## ANEXO A - Descrição dos pontos de amostragem das redes de monitoramento

UGRHI	Corpo Hídrico	Cód. CETESB	Tipo	Local de Amostragem	Município	Lat. S	Long. W
1	Rio da Prata - UGRHI 01	PRAT 02400	R.B.	Na ponte da entrada do Cond. Residencial Santo Antonio, a jusante da ETE.	SANTO ANTONIO DO PINHAL	22 49 36	45 40 51
	Rio Sapucaí Guaçu	SAGU 02100	R.B.	Estrada do Horto. Ponte de madeira a jusante da futura ETE de Campos de Jordão.	CAMPOS DO JORDAO	22 42 30	45 32 33
2	Braço do Paraíbauna	IUNA 00950	R.B.	Na junção dos braços do Rio Paraíbauna e dos rios da serra.	PARAIBUNA	23 25 06	45 34 17
	Braço do Paraitinga	INGA 00850	R.B.	Próximo a área de lazer da CESP		23 21 56	45 36 45
	Braço do Rio Palmital	BPAL 00011	Baln.	Na Prainha de Redenção da Serra.	REDEÇÃO DA SERRA	23 16 38	45 32 08
	Res.do Jaguari - UGRHI 02	JAGJ 00200	R.Sed.	Próximo da ponte da rodovia SP 056 que liga Santa Isabel a Igaratá.	SANTA ISABEL	23 17 25	46 14 01
		JAGJ 00200	R.B.	Ponte na rodovia SP-056 que liga Santa Isabel a Igaratá, no município de Santa Isabel.		23 17 27	46 14 02
		JAGJ 00900	R.B.	Na tomada d'água do Reservatório Jaguari.	SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	23 11 37	46 01 39
	Res.Santa Branca	SANT 00100	R.B.	No meio do corpo central, na junção dos braços Capivari e Paraíbauna.	JAMBEIRO	23 20 05	45 47 43
	Ribeirão Grande- UGRH 02	RIBG 02352	Baln.	Próximo a passarela de ferro, a montante do Bar do Edmundo, no Ribeirão Grande.	PINDAMONHANGABA	22 47 46	45 27 21
	Rio Guaratingueta	GUAT 02800	R.B.	Na captação de Guaratinguetá (SAEG), em frente a ETA.	GUARATINGUETA	22 47 00	45 12 46
	Rio Jaguari - UGRHI 02	JAG 100350	R.B.	Na régua da CESP, a montante da Cachoeira do Jaguaribe.	SANTA ISABEL	23 19 48	46 16 50
		JAGI 02900	R.B.	Próximo à foz no rio Paraíba, no município de São José dos Campos.	SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	23 10 21	45 54 49
	Rio Paraíba do Sul	PARB 02050	R.B.	Captação de Santa Branca, no bairro Angola de Cima.	SANTA BRANCA	23 22 32	45 53 12
		PARB 02100	R.B.	Ponte na rodovia SP-77, no trecho que liga Jacareí a Santa Branca.		23 22 05	45 53 59
		PARB 02195	MAut.	EF - 21. Na captação de água da indústria FEMSA (antiga KAISER) na margem esquerda do rio Paraíba do Sul.	JACAREÍ	23 17 08	45 58 39
		PARB 02200	R.B.	Junto à captação do município de Jacareí		23 18 48	45 58 20
		PARB 02300	R.B.	Ponte de acesso ao loteamento Urbanova, em São José dos Campos.	SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	23 11 42	45 55 48
		PARB 02310	R.B.	Na captação de São José dos Campos, no canal de adução com extensão de 750m.		23 11 16	45 55 04
		PARB 02400	R.B.	Ponte na rua do Porto, no trecho que liga Caçapava ao bairro Menino Jesus.	CAÇAPAVA	23 04 42	45 42 39
		PARB 02490	R.B.	Na captação da SABESP em Taubaté que abastece Tremembé	TREMembé	22 57 40	45 33 10
		PARB 02530	MAut.	EF - 24. Na captação de água da SABESP na margem direita do rio Paraíba do Sul à montante da ponte Pindamonhangaba-Piracuama.	PINDAMONHANGABA	22 54 43	45 28 17
PARB 02530		R.B.	Na captação da SABESP de Pindamonhangaba	PINDAMONHANGABA	22 54 42	45 28 13	
PARB 02600		R.B.	Na captação de Aparecida	APARECIDA	22 50 40	45 14 04	
PARB 02650		MAut.	EF - 22. Na captação de água da indústria BASF na margem direita do rio Paraíba do Sul.	GUARATINGUETA	22 47 00	45 10 23	
PARB 02700		R.B.	Ponte na rodovia BR-459, no trecho que liga Lorena a Piquete.	LORENA	22 42 12	45 07 10	
PARB 02755	MAut.	EF - 23. Na captação de água da indústria MAXION, margem esquerda do Rio Paraíba do Sul.	CRUZEIRO	22 35 31	44 57 27		
PARB 02900	R.B.	Ponte na cidade de Queluz.	QUELUZ	22 32 32	44 46 26		
Rio Paraíbauna	PUNA 00800	R.B.	Ponte no bairro das Palmeiras, a montante da régua da CESP.	NATIVIDADE DA SERRA	23 25 17	45 17 19	
Rio Paraitinga	PTIN 00850	R.B.	Na régua da CESP do Rio Paraitinga, 2 km a montante do centro da cidade S. L. Paraitinga.	SAO LUIS DO PARAITINGA	23 14 20	45 18 23	
Rio Parateí	PTEI 02900	R.B.	Ponte na estrada de acesso ao Res. Jaguari, próximo à cervejaria Brahma, em Jacareí.	JACAREÍ	23 12 14	46 00 50	
Rio Piracuama	UAMA 00601	Baln.	No Banheirão de Piracuama - Reino das Águas Claras.	PINDAMONHANGABA	22 52 31	45 34 56	
Rio Una -UGRHI 02	UNNA 02800	R.B.	Na captação da SABESP de Taubaté.	TAUBATE	23 01 49	45 30 26	

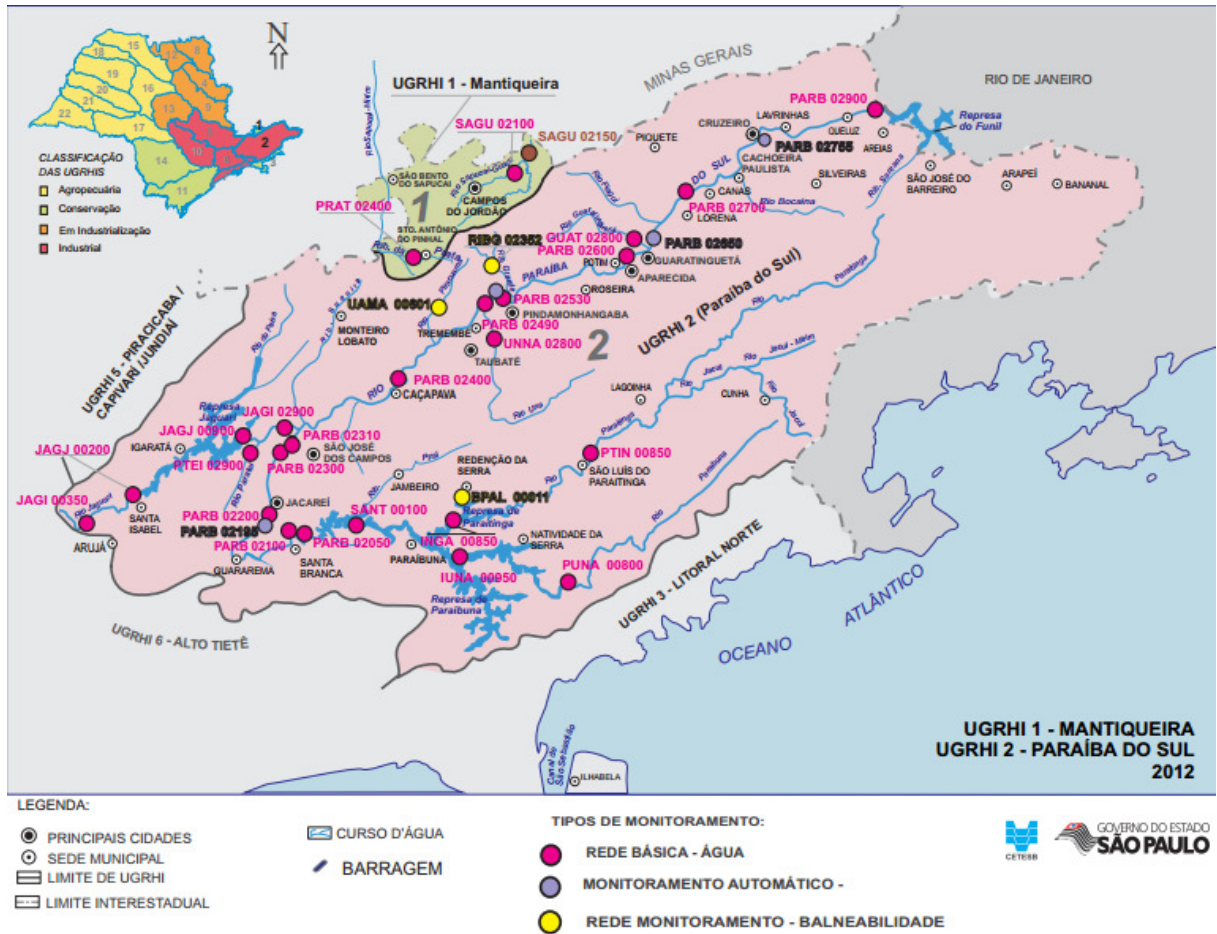
Fonte: cetesb (2013).

## ANEXO B - Variáveis de qualidade medidas nos índices de qualidade de água.

Índice de Qualidade	Variáveis de qualidade
IQA	Temperatura, pH, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Coliformes Termotolerantes, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Sólidos Totais e Turbidez.
IAP	Temperatura, pH, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Coliformes Termotolerantes, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Sólidos Totais e Turbidez, Ferro, Manganês, Alumínio, Cobre, Zinco, Potencial de Formação de Trihalometanos, Número de Células de Cianobactérias (Ambiente Léntico), Cádmio, Chumbo, Cromo Total, Mercúrio e Níquel.
IET	Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total.
IVA	Oxigênio Dissolvido, pH, Ensaio Ecotoxicológico com <i>Ceriodaphnia dubia</i> , Cobre, Zinco, Chumbo, Cromo, Mercúrio, Níquel, Cádmio, Surfactantes, Clorofila <i>a</i> e Fósforo Total.
IB	Coliforme Termotolerante ou <i>E. coli</i> .

Fonte: Cetesb (2013).

ANEXO C - Localização dos pontos de amostragem das UGRHI 02 – 2012



Fonte: Cetesb (2013).



## ANEXO D – Resultado das variáveis de qualidade, média de 2008 a 2012.

UGRHI	Corpo Hídrico	Nome do Ponto	Condutividade (µS/cm)		Turbidez (UNT)		Nitrato		Nitrogênio Amoniacal		Oxigênio Dissolvido		DBO (5, 20)		Fósforo		E. coli (UFC/100mL)		Clorofila-a (µg/L)	
			Média 2013	Média 08-12	Média 2013	Média 08-12	Média 2013	Média 08-12	Média 2013	Média 08-12	Média 2013	Média 08-12	Média 2013	Média 08-12	Média 2013	Média 08-12	Média 2013	Média 08-12	Média 2013	Média 08-12
			1	Rio da Prata - UGRHI 01	PRAT02400	53	53	23	63	0,15	0,28	0,30	0,48	7,2	6,4	5	6	0,11	0,12	6,4E+04
	Rio Sapucaí Guaçu	SAGU02100	71	66	35	68	0,17	0,29	0,87	0,89	7,3	6,5	8	5	0,18	0,17	7,0E+04	4,1E+04	0,01	0,44
	Braço do Paraíba	IUNA00950	27	27	4	3	0,10	0,11	0,05	0,27	7,0	7,1	3	3	0,016	0,021	2	2	0,67	0,39
	Braço do Paraitinga	INGA00850	33	30	5	3	0,10	0,09	0,05	0,27	7,4	7,3	4	3	0,014	0,020	3	2	2,9	0,74
	Reservatório do Jaguarí - UGRHI 02	JAGJ00200	53	41	8	2	0,10	0,10	0,05	0,25	7,3	5,5	5	3	0,061	0,025	29	35	72	23
		JAGJ00900	30	30	2	2	0,10	0,11	0,05	0,28	6,9	6,8	3	3	0,014	0,023	7	3	0,73	0,40
	Reservatório Santa Branca	SANT00100	33	33	4	3	0,11	0,10	0,07	0,24	7,2	7,4	3	3	0,014	0,027	4	3	1,4	1,2
	Rio Guaratingueta	GUAT02800	31	31	74	39	0,10	0,10	0,05	0,39	7,4	7,4	4	3	0,075	0,026	1,9E+03	925	0,47	0,79
		JAGI00350	60	60	11	31	0,46	0,64	0,06	0,52	8,4	7,6	4	4	0,039	0,030	878	2,9E+03	1,2	0,67
	Rio Jaguarí - UGRHI 02	JAGI02900	49	47	54	41	0,15	0,67	0,09	0,26	5,4	5,2	5	4	0,049	0,036	3,2E+03	2,9E+03	0,53	0,30
		PARB02050	33	33	6	10	0,21	0,19	0,05	0,24	6,1	5,3	4	2	0,011	0,020	95	209	0,08	0,33
		PARB02100	34	33	6	9	0,13	0,17	0,05	0,25	6,3	5,3	3	2	0,011	0,018	74	100	0,27	0,14
		PARB02200	101	78	20	21	0,11	0,18	0,05	0,26	6,7	6,6	4	3	0,029	0,041	707	1,8E+03	0,08	0,27
		PARB02300	112	93	25	34	0,16	0,23	0,09	0,29	5,5	5,4	4	3	0,063	0,058	6,4E+03	6,6E+03	0,38	0,17
		PARB02310	109	92	25	24	0,17	0,23	0,07	0,28	4,9	5,6	5	3	0,062	0,048	2,3E+03	3,5E+03	0,57	3,1
	Rio Paraíba do Sul	PARB02400	93	84	23	34	0,45	0,41	0,08	0,34	3,5	3,8	5	4	0,067	0,063	851	1,9E+03	0,54	0,40
		PARB02490	92	84	28	32	0,54	0,49	0,08	0,31	5,7	5,2	5	3	0,078	0,070	842	4,2E+03	0,69	0,68
		PARB02530	87	82	51	59	0,53	0,49	0,06	0,30	5,2	5,4	5	3	0,071	0,069	1,0E+03	2,9E+03	0,47	0,47
		PARB02600	89	87	39	46	0,61	0,49	0,11	0,30	4,5	4,7	5	3	0,081	0,082	1,4E+04	1,7E+04	0,49	0,61
		PARB02700	87	84	38	60	0,59	0,53	0,05	0,29	4,6	4,9	5	3	0,068	0,080	2,3E+03	2,9E+03	0,63	0,90
		PARB02900	80	80	39	69	0,59	0,58	0,08	0,28	6,0	6,6	4	3	0,050	0,096	1,0E+03	1,9E+03	0,42	0,41
	Rio Paraíba	PUNA00800	18	19	13	3	0,10	0,12	0,05	0,50	8,2	8,1	3	3	0,014	0,022	89	58	0,74	0,93
	Rio Paraitinga	PTIN00850	33	33	108	54	0,10	0,19	0,05	0,50	7,5	7,6	4	3	0,044	0,023	3,3E+03	1,2E+03	0,60	0,47
	Rio Parateí	PTEI02900	150	134	48	79	1,4	1,1	0,43	0,37	5,9	6,5	5	4	0,052	0,056	2,5E+03	2,5E+03	0,67	0,48
	Rio Una - UGRHI 02	UNNA02800	70	83	1,5E+03	430	0,11	0,24	0,05	0,24	7,2	7,4	4	3	0,21	0,035	4,8E+03	6,6E+03	8,4	0,98

Fonte: Cetesb (2013).

## ANEXO E – Índice de qualidade da água média de 2012.

UGRHI	Corpo Hídrico	Ponto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média 2012
1	Rio da Prata	PRAT02400		55		49		46		44		41		41	46
	Rio Sapucaí Guaçu	SAGU02100		52		51		53		42		56		49	50
2	Braço do Paraibuna	IUNA00950		92		90		86		93		92		86	90
	Braço do Paraitinga	INGA00850		93		89		88		92		92		83	89
	Reservatório do Jaguari - UGRHI 02	JAGJ00200		78		54		81		88		83		53	73
		JAGJ00900		70		65		80		93		82		83	79
	Reservatório Santa Branca	SANT00100		93		82		82		94		92		82	87
	Rio Guaratingueta	GUAT02800		73		70		73		77		68		66	71
	Rio Jaguari - UGRHI 02	JAGI00350		68		71		68		69		42		61	63
		JAGI02900		59		43		60		67		68		33	55
	Rio Paraíba do Sul	PARB02050		62		63		70		71		76		73	69
		PARB02100		62		66		75		77		78		75	72
		PARB02200		63		64		71		71		63		65	66
		PARB02300		53		59		60		60		61		60	59
		PARB02310		59		55		58		59		66		60	59
		PARB02400		54		53		52		59		55		53	54
		PARB02490		59		58		57		60		62		52	58
		PARB02530		62		61		58		61		63		50	59
		PARB02600		48		56		49		50		60		45	51
		PARB02700		53		56		57		59		62		51	56
		PARB02900		64		58		61		67		67		59	63
		Rio Paraitinga	PTIN00850		68		67		69		77		65		51
Rio Paraibuna	PUNA00800		81		80		79		87		81		73	80	
Rio Parateí	PTEI02900		60		60		59		67		51		55	59	
Rio Una - UGRHI 02	UNNA02800		51		60		62		73		44		41	55	

Fonte: Cetesb (2013).

## ANEXO F – Índice de abastecimento público de 2009 a 2012

UGRHI	Nome do Ponto	Descrição	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
2	JAGJ00200	Reservatório do Jaguari		81				64		75				74	73
	PARB02050	Rio Paraiba do Sul		69				75		83				74	75
	PARB02200	Rio Paraiba do Sul		18				72		73					55
	PARB02310	Rio Paraiba do Sul		22				58		61				44	46
	PARB02490	Rio Paraiba do Sul		3				56		52				50	40
	PARB02530	Rio Paraiba do Sul		3				53		54				45	39
	PARB02600	Rio Paraiba do Sul		2				45		48				34	33
	UNNA02800	Rio Una		7				51		56				29	36

Fonte: Cetesb (2010).

UGRHI	Corpo Hídrico	Nome do Ponto	jan	fev	mai	jun	jul	ago	nov	dez	Média
2	Rio Guaratinguetá	GUAT02800		53		78		77		58	67
	Res. do Jaguari	JAGJ00200		78		90		86		26	70
	Rio Paraiba do Sul	PARB02050		49		85		79		76	72
		PARB02200		50		67		68		49	58
		PARB02310		55		64		58		62	60
		PARB02490		43		62		55		50	53
		PARB02530		27		58		51		49	46
		PARB02600		43		63		50		42	50
Rio Una	UNNA02800		34		53		50		28	41	

Fonte: Cetesb (2011).

UGRHI	Corpo Hídrico	Ponto	Jan	Fev	Mai	Jun	Jul	Ago	Nov	Dez	IAP 2011
2	Reservatório do Jaguari - UGRHI 02	JAGJ00200		50		79		73		82	71
	Rio Guaratingueta	GUAT02800		62		69		59		14	51
	Rio Paraiba	PARB02050		55		76		72		76	70
		PARB02200		47		68		66		63	61
		PARB02310		43		59		55		55	53
		PARB02490		35		62		56		53	52
		PARB02530		30		54		50		51	46
		PARB02600		32		42		45		45	41
Rio Una	UNNA02800		0		52		50		39	35	

Fonte: Cetesb (2012).

UGRHI	Corpo Hídrico	Ponto	Jan	Fev	Mai	Jun	Jul	Ago	Nov	Dez	IAP 2012
2	Reservatório do Jaguari - UGRHI 02	JAGJ00200		78		81		88		19	66
	Rio Guaratingueta	GUAT02800		66		68		76		58	67
	Rio Paraiba	PARB02050		51		70		71		72	66
		PARB02200		55		71		68		61	64
		PARB02310		53		52		53		53	53
		PARB02490		49		48		57		46	50
		PARB02530		50		46		54		35	46
		PARB02600		42		39		46		39	42
Rio Una	UNNA02800		38		47		60		0	36	

Fonte: Cetesb (2014).



## ANEXO G – Índice de estado trófico.

UGRHI	Corpo Hídrico	Nome do Ponto	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Média
1	Rio Sapucaí Guaçu	SAGU02100	4,2		3,2		5,4		5,4		5,2		5,2		4,8
2	Rio Guaratinguetá	GUAT02800		3,4		3,4		1,7		1,7				2,2	2,5
	Rio Jaguari	JAGI02900		3,4		3,4		4,4		3,2		3,4		5,6	3,9
	Res. do Jaguari	JAGJ00200		4,4		4,2		2,2		4,4		3,2		7,6	4,3
		JAGJ00900		2,9		2,2		2,9		2,9		2,2		3,4	2,8
	Rio Paraíba do Sul	PARB02050		4,6		1,7		1,7		1,7		1,7		3,4	2,5
		PARB02100		4,6		3,4		2,2		2,2		2,2		2,2	2,8
		PARB02200		2,9		1,7		1,7		2,2		2,2		2,9	2,3
		PARB02300		3,4						3,2					3,3
		PARB02310		5,4						2,2					3,8
		PARB02400		3,4		4,4		4,4		4,2		4,4		4,4	4,2
		PARB02490		3,4		2,2		2,2		4,4		4,2		1,7	3,0
		PARB02530		2,9						3,2					3,1
	PARB02600		3,4		3,4		3,2		3,2		3,2		2,2	3,1	
	PARB02700		4,4		5,4		3,2		4,2				3,2	4,1	
	PARB02900		4,4		2,2		3,2		4,4				6,2	4,1	
Rio Parateí	PTEI02900		3,4						4,4					3,9	
Res. Santa Branca	SANT00100		4,4		2,2		2,2		2,2		1,7		2,2	2,5	
Rio Una	UNNA02800		4,4				1,7		2,2		1,7		3,2	2,6	

Fonte: Cetesb (2010).

UGRHI	Corpo Hídrico	Ponto	JAN	FEV	MAI	JUN	JUL	AGO	NOV	DEZ	Média IET 2012
1	Rio Sapucaí Guaçu	SAGU02100		34		41		60		52	47
2	Rio Guaratinguetá	GUAT02800		34		45		45		49	43
	Rio Jaguari - UGRHI 2	JAGI00350		34		48		48		53	46
		JAGI02900		34		39		46		39	40
	Reservatório do Jaguari - UGRHI 2	JAGJ00200		52		57		49		64	55
		JAGJ00900		39		45		45		47	44
	Rio Paraíba	PARB02050		39		44		41		41	42
		PARB02100		38		41		41		44	41
		PARB02200		42		48		44		45	45
		PARB02300		42		38		39		52	43
		PARB02310		63		38		51		59	53
		PARB02400		51		49		51		54	51
		PARB02490		52		40		40		56	47
		PARB02530		42		40		53		57	48
	PARB02600		56		49		50		58	53	
	PARB02700		59		53		54		40	52	
PARB02900		48		39		49		57	48		
Rio Parateí	PTEI02900		34		52		51		50	47	
Rio Paraitinga	PTIN00850		34		40		46		52	43	
Rio Paraibuna	PUNA00800		44		51		44		51	48	
Reservatório Santa Branca	SANT00100		47		46		46		47	46	
Rio Una	UNNA02800		48		48		49		54	50	

Fonte: Cetesb (2013).

## ANEXO H- Índice de Vida Aquática de 2008 e 2012.

UGRHI	Nome do Ponto	Descrição	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
1	SAGU02100	Rio Sapucaí Guaçu	9,2		3,2				4,2		5,4		4,2		5,2
2	JAGI02900	Rio Jaguari		2,9		4,4		3,2		3,2		3,4		4,4	3,6
	JAGJ00200	Reservatório do Jaguari		3,4		6,6		6,6		4,4		1,7		4,4	4,5
	JAGJ00900	Reservatório do Jaguari		1,7		2,9		2,9		1,7		2,9		1,7	2,3
	PARB02050	Rio Paraíba do Sul		2,9		3,4		2,9		1,7		1,7		2,9	2,6
	PARB02100	Rio Paraíba do Sul		2,9		4,6		3,4		1,7		2,2		3,4	3,0
	PARB02200	Rio Paraíba do Sul		4,4		1,7		1,7		2,9		2,9		1,7	2,6
	PARB02300	Rio Paraíba do Sul		2,9						3,2					3,1
	PARB02310	Rio Paraíba do Sul		6,6						1,7					4,2
	PARB02400	Rio Paraíba do Sul		4,6		4,4		4,4		5,6		3,4		4,4	4,5
	PARB02490	Rio Paraíba do Sul		3,4		3,4		2,2		2,2		3,4		2,9	2,9
	PARB02530	Rio Paraíba do Sul		2,9						2,2					2,6
	PARB02600	Rio Paraíba do Sul		3,4		3,4		1,7		2,2		3,4		2,9	2,8

Fonte: Cetesb (2009).

UGRHI	Corpo Hídrico	Ponto	JAN	FEV	MAI	JUN	JUL	AGO	NOV	DEZ	IVA 2012
1	Rio Sapucaí Guaçu	SAGU02100		1,7		1,7		4,2		2,2	2,5
2	Reservatório do Jaguari - UGRHI 02	JAGJ00200		3,4		3,2		3,4		7,6	4,4
		JAGJ00900		2,9		1,7		2,9		1,7	2,3
	Reservatório Santa Branca	SANT00100		2,9		1,7		1,7		1,7	2,0
	Rio Guaratingueta	GUAT02800		2,9		1,7		1,7		2,2	2,1
	Rio Jaguari - UGRHI 02	JAGI02900		2,9		2,9		1,7		4,1	2,9
		JAGI00350		1,7		2,2		2,2		3,2	2,3
	Rio Paraíba	PARB02050		2,9		1,7		1,7		1,7	2,0
		PARB02100		2,9		1,7		1,7		1,7	2,0
		PARB02200		1,7		2,2		1,7		1,7	1,8
		PARB02300		1,7		1,7		1,7		2,2	1,8
		PARB02310		4,2		1,7		2,2		4,4	3,1
		PARB02400		3,4		3,4		3,4		5,6	4,0
		PARB02490		2,2		1,7		1,7		3,2	2,2
		PARB02530		1,7		1,7		3,2		4,4	2,8
		PARB02600		4,4		2,2		2,2		4,4	3,3
		PARB02700		4,4		3,2		3,2		2,9	3,4
	PARB02900		2,2		1,7		2,2		4,4	2,6	
	Rio Paraibuna	PUNA00800		2,9		2,2		1,7		2,2	2,3
	Rio Paraitinga	PTIN00850		1,7		1,7		1,7		2,2	1,8
	Rio Paratei	PTEI02900		1,7		2,2		2,2		3,4	2,4
Rio Una	UNNA02800		2,2		2,2		3,4		4,4	3,1	

Fonte: Cetesb (2013).