

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL

BERNARD LINDNER

DIAGNÓSTICO ESPACIAL-TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA
DO RIO IGUAÇU NA REGIÃO DA BACIA DO ALTO IGUAÇU

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO 2

CURITIBA
2013

BERNARD LINDNER

**DIAGNÓSTICO ESPACIAL-TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA
DO RIO IGUAÇU NA REGIÃO DA BACIA DO ALTO IGUAÇU**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Engenharia de Produção Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil - DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira.

Orientador: Prof. Flavio Bentes Freire

CURITIBA

2013



Sede Ecoville

Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO
PARANÁ
Campus Curitiba – Sede Ecoville
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Curso de Engenharia de Produção Civil

FOLHA DE APROVAÇÃO

DIAGNÓSTICO ESPACIAL-TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO IGUAÇU NA REGIÃO DA BACIA DO ALTO IGUAÇU

por

BERNARD LINDNER

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 08 de outubro de 2013, pela seguinte banca de avaliação:

Flavio Bentes Freire
Prof. Orientador

Michael Mannich
Membro titular

Karina Querne de Carvalho Passig
Membro titular

RESUMO

LINDNER, Bernard. Diagnóstico espacial-temporal da qualidade da água do rio Iguaçu na região da bacia do Alto Iguaçu. 2013. 102 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Engenharia de Produção Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba, 2013.

O objetivo deste trabalho consistiu em constatar o comportamento da qualidade da água do rio Iguaçu ao longo de seu percurso, observando os níveis de poluição em locais de diferentes graus de urbanização onde o rio atravessa, e em analisar a evolução da qualidade da água no decorrer dos anos. Foram selecionados para isso os nove parâmetros físico-químicos que compõe o Índice de Qualidade das Águas (IQA) da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB): pH, DBO, OD, Turbidez, CF, NT, FT e ST. Verificou-se também o atendimento de padrões da resolução CONAMA Nº 357/2005 para a classe de água em que o rio é enquadrado. À medida que a densidade populacional das cidades próximas ao rio aumentou nos últimos anos, a qualidade da água caiu de forma significativa. As áreas mais urbanizadas, próximas à capital e região metropolitana, são as que mais contribuem para a degradação do rio, principalmente pelo despejo de esgoto doméstico e industrial, que chega ao corpo d'água sem o devido tratamento. Nessa região, a qualidade da água calculada através do método do IQA chegou a ser classificada como o pior nível do índice - qualidade péssima. Nas estações de monitoramento mais afastadas, onde o despejo de efluentes tende a ser menor, a água apresentou sinais de recuperação, chegando a ser classificada como boa. As cargas poluentes decrescem ao sair das áreas mais densamente habitadas, porém, constatou-se que a DBO, o NT, os CF e o FT, mesmo nos pontos mais distantes, não conseguiram atingir, em grande parte do tempo, níveis dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente para a classe em que o rio é enquadrado, sendo que os níveis de FT raramente se encontraram dentro de faixas aceitáveis.

Palavras-chave: Poluição Hídrica. Rio Iguaçu. Qualidade da Água. Parâmetros de Qualidade. Índice de Qualidade da Água.

ABSTRACT

LINDNER, Bernard. Spatial-temporal diagnostic of water quality in the Iguazu River at the basin of Alto Iguazu. 2013. 102 f. Trabalho de conclusão de curso - Curso de Engenharia de Produção Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba, 2013.

The aim of this study was to observe the water quality of the Iguazu River, Brazil, along its route, observing the pollution levels at locations of different degrees of urbanization where the river crosses, and also analyze the evolution of water quality over the years. Were selected for this the nine physicochemical parameters that compose the Water Quality Index (WQI) of the Environmental Company of the State of São Paulo (CETESB): pH, BOD, DO, Turbidity, CF, NT, FT and ST. It was also verified the attendance of the patterns of CONAMA Resolution No. 357/2005. As the population density of the cities near the river has increased in recent years, the water quality has fallen significantly. The most urbanized parts, near the capital and metropolitan area, are the biggest contributors to the river's degradation, mainly due domestic and industrial sewage which reaches the river without a proper treatment. In this region, water quality calculated by the method of WQI came to be classified as the worst index level - very bad quality. Other historical data from further parts, where the discharge of effluents tends to be lower, the water showed signs of recovery, coming to be classified as good. The river water is more degraded in passages where there are more polluted effluents. This is a strong indication that these have a direct influence on the river quality. The pollution levels of the river decreases when leaving the most densely inhabited areas, however, it was found that the Biochemical Oxygen Demand, Total Nitrogen, Fecal Coliforms, and especially the Total Phosphorus, even in the furthest points, often failed to achieve levels within the limits established by law, whereas the levels of Total Phosphorus were rarely found within acceptable ranges.

Keywords: Water Pollution. Iguazu River. Water Quality. Quality Parameters. Water Quality Index.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Poluição pontual e poluição difusa.....	15
Figura 2 - Unidades Hidrográficas do Paraná	37
Figura 3 - Estações de monitoramento com dados de qualidade - (1:4.000.000). ..	41
Figura 4 - Mapa de satélite representando as estações selecionadas (2013).....	42
Figura 5 - Afluentes e subafluentes do Rio Iguaçu nos trechos entre as estações.	43
Figura 6 - Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas	46
Figura 7 - Modelo - Diagrama de caixa (boxplot).	48
Figura 8 - Rochas no rio Iguaçu, em Porto Amazonas.....	52
Figura 9 - Afluente Rio Belém - 2012.	55
Figura 10 - Diagrama de caixa (Boxplot) - pH.	80
Figura 11 - Diagrama de caixa (Boxplot) - DBO.....	81
Figura 12 - Diagrama de caixa (Boxplot) - OD.	82
Figura 13 - Diagrama de caixa (Boxplot) - Turbidez.....	83
Figura 14 - Diagrama de caixa (Boxplot) - CF - em escala logarítmica.....	84
Figura 15 - Diagrama de caixa (Boxplot) - NT.....	85
Figura 16 - Diagrama de caixa (Boxplot) - FT.	86
Figura 17 - Diagrama de caixa (Boxplot) - ST.	87
Figura 18 - Diagrama de caixa (Boxplot) - IQA.....	88
Figura 19 - Corredeiras entre as estações E08 e E09.	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais impactos ambientais da mineração no Brasil.....	18
Tabela 2 - Classificação das águas doces e seus possíveis destinos.	29
Tabela 3 - Valores limites para o enquadramento nas classes de água doce.	30
Tabela 4 - Classes de qualidade conforme AIQA.....	32
Tabela 5 - Estações de monitoramento - IAP.....	32
Tabela 6 - Resultado da avaliação da qualidade conforme relatório do IAP.	33
Tabela 7 - Detalhes das estações de monitoramento e os parâmetros fornecidos.	40
Tabela 8 - Evolução da População.....	43
Tabela 9 - Classificação do IQA.....	47
Tabela 10 - DBO para os afluentes do Rio Iguaçu na vazão de referência Q95.	56
Tabela 11 - Presença do nitrogênio nas zonas de autodepuração de um rio.	68
Tabela 12 - Permanência dos parâmetros nos padrões estabelecidos pela Resolução N° 357/2005, CONAMA, para classes de água doce.	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	- Agência Nacional das Águas
CETESB	- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
CF	- Coliformes Fecais
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DBO	- Demanda Bioquímica de Oxigênio
EMBRAPA	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FT	- Fósforo Total
IAP	- Instituto Ambiental do Paraná
IQA	- Índice de Qualidade da Água
ITCG	- Instituto de Terras, Cartografia e Geociências
NT	- Nitrogênio Total
OD	- Oxigênio Dissolvido
pH	- Potencial Hidrogeniônico
SANEPAR	- Companhia de Saneamento do Paraná
ST	- Sólidos Totais
SUREHMA	- Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente
UNT	- Unidades Nefelométricas de Turbidez

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	OBJETIVO GERAL	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3	REVISÃO DA LITERATURA	14
3.1	ÁGUA: HISTÓRICO E IMPORTÂNCIA	14
3.2	POLUIÇÃO DAS ÁGUAS	14
3.2.1	Esgoto Doméstico	16
3.2.2	Drenagem Urbana	16
3.2.3	Depósito de Resíduos Sólidos	17
3.2.4	Mineração	17
3.2.5	Agricultura	19
3.2.6	Indústrias	19
3.2.7	Impactos no Corpo Receptor	20
3.2.7.1	Poluição por matéria orgânica e autodepuração	20
3.2.7.2	Eutrofização	20
3.2.7.3	Contaminação por microrganismos patogênicos	21
3.3	QUALIDADE DAS ÁGUAS	22
3.3.1	Monitoramento das Águas	22
3.3.2	Redes de monitoramento	22
3.3.3	Parâmetros de Qualidade	23
3.3.3.1	Turbidez	23
3.3.3.2	Temperatura	24
3.3.3.3	Coliformes fecais (CF)	24
3.3.3.4	Potencial hidrogeniônico (pH)	25
3.3.3.5	Oxigênio dissolvido (OD)	25
3.3.3.6	Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	26
3.3.3.7	Sólidos totais (ST)	26
3.3.3.8	Nitrogênio	27
3.3.3.9	Fósforo	27
3.3.4	Enquadramento dos Rios	28
3.3.5	Índice de Qualidade da Água (IQA)	30
3.4	ESTUDOS DA QUALIDADE DA ÁGUA EM CORPOS DE ÁGUA NO BRASIL	31
3.4.1	Estudos na Bacia do Alto Iguaçu	31
3.4.2	Estudo em Outros Corpos de Água	34
4	MATERIAL E MÉTODOS	36
4.1	OBJETO DE ESTUDO	36
4.2	ATIVIDADES NA REGIÃO DA BACIA DO ALGO IGUAÇU	38
4.3	OBTENÇÃO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS	39
4.4	REPRESENTAÇÕES GRÁFICAS	44
4.4.1	Curvas de permanência dos parâmetros de qualidade	44
4.4.2	Cálculo dos IQA	44
4.4.2.1	Equações do índice de qualidade das águas	47
4.4.3	Diagramas de Caixa	47
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
5.1	ANÁLISE TEMPORAL	49
5.1.1	Potencial Hidrogeniônico	49
5.1.2	Demanda Bioquímica de Oxigênio	52
5.1.3	Oxigênio Dissolvido	56
5.1.4	Turbidez	59
5.1.5	Coliformes Fecais	62
5.1.6	Nitrogênio Total	65

5.1.7 Fósforo Total	69
5.1.8 Sólidos Totais	72
5.1.9 IQA	75
5.2 PERMANÊNCIA DOS PARÂMETROS NOS LIMITES DO CONAMA	77
5.3 ANÁLISE ESPACIAL	79
6 CONCLUSÕES	91
REFERÊNCIAS	93
APÊNDICE A – EQUAÇÕES DO SCQA.....	96
APÊNDICE B – DECLARAÇÃO DE AUTORIA	101
APÊNDICE C – TERMO DE AUTORIZAÇÃO.....	102

1 INTRODUÇÃO

Os rios são de fundamental importância para o homem. Além de fornecerem água para o consumo, exercem influência em diversas atividades como transporte, agricultura, pecuária, produção industrial e outros. Entretanto, principalmente com o grande crescimento dos centros urbanos, os rios vêm sofrendo uma degradação exacerbada a qual traz diversas consequências negativas e inviabiliza o seu aproveitamento. Além de prejuízo estético, muitas vezes ocorre geração de maus odores, proliferação de doenças, comprometimento do ecossistema aquático, entre outros.

Um rio pode receber diversas cargas poluentes, tanto por causas naturais, como por causas vinculadas às atividades humanas, sejam elas domésticas, comerciais ou industriais. Cada uma dessas atividades é responsável pela emissão de poluentes característicos, os quais possuem diferentes efeitos e graus de poluição.

O Rio Iguaçu é o maior rio totalmente paranaense. Nasce próximo à Serra do Mar e percorre seu trajeto até formar as Cataratas do Iguaçu. Chega a ser considerado, infelizmente, o segundo rio mais poluído do país, ficando atrás apenas do Rio Tietê do estado de São Paulo. De acordo com relatório do IAP (2009), existem trechos do Rio Iguaçu e de alguns de seus afluentes, como os Rios Belém, Atuba, Padilha, Barigui, Ivo, Bacacheri e Água Verde, que estão em péssimas condições, com altos teores de coliformes e de matéria orgânica e baixa concentração de oxigênio dissolvido, sendo, portanto, incapazes de suportar vida aquática superior. Alguns deles possuem teores de matéria orgânica tão elevados que se aproximam de esgotos sanitários brutos.

O estudo da qualidade das águas pode ser realizado pela análise de vários parâmetros e através de várias metodologias, tais como o Índice de Qualidade das Águas (IQA), a Avaliação Integrada da Qualidade da Água (AIQA) e a resolução CONAMA Nº 357/2005.

O IQA é um índice adaptado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), a partir de estudos realizados pela

National Sanitation Foundation (NSF) dos Estados Unidos. No cálculo do índice são considerados os parâmetros físico-químicos: oxigênio dissolvido (OD); demanda bioquímica de oxigênio (DBO); coliformes fecais (CF); nitrogênio total (NT); fósforo total (FT); sólidos totais (ST); temperatura; potencial hidrogeniônico (pH) e turbidez. Ele resulta em um número numa escala de 0 a 100 sendo que, quanto maior o índice IQA, melhor a qualidade da água.

A conceituação normatizada da qualidade das águas no Brasil é realizada por meio da resolução CONAMA N^o 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para seu enquadramento nas devidas classes.

Na resolução CONAMA N^o 357/2005, tem-se que corpos de água doce de classe 1 podem servir para abastecimento público com tratamento simplificado, enquanto que os de classe 2 necessitam de tratamento convencional e os de classe 3 necessitam de tratamento convencional a avançado. É salientado que corpos d'água de classe 4 não se enquadram ao abastecimento.

Conforme portaria SUREHMA n^o020/92, o rio Iguaçu é enquadrado, em sua maioria, como um rio de classe 2. Todavia, esse parâmetro parece não indicar a sua real situação visto que o rio é conhecidamente e notoriamente poluído.

O estudo da qualidade da água do rio Iguaçu é fundamental para se compreender o real motivo pelo qual o rio vem sendo classificado como poluído por diversos autores. Ele pode permitir a verificação de quais as prováveis fontes de poluição.

Séries históricas de fácil acesso, de diversas estações de monitoramento ao longo do rio, podem indicar quais são os parâmetros que se tornaram críticos e hoje são responsáveis por baixos níveis de qualidade da água.

Verificar o comportamento do rio Iguaçu ao passar por locais de diferentes graus de urbanização e atividades econômicas distintas faz compreender a influência que estas regiões desempenham na qualidade da água do rio.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar uma análise dos dados de qualidade da água do Rio Iguaçu, na região na bacia do Alto Iguaçu, utilizando dados históricos disponibilizados pela Agência Nacional das Águas (ANA).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fazer análise da qualidade da água do Rio Iguaçu ao longo de seu percurso, na região da bacia do Alto Iguaçu, através dos dados de séries históricas de diversas estações de monitoramento, verificando assim os níveis de poluição em diferentes localidades onde o rio atravessa.

- Verificar o atendimento de padrões da resolução CONAMA Nº 357/2005 para a classe em que o rio é enquadrado, através de curvas de permanência dos parâmetros de qualidade que compõem o IQA (CF, ST, NT, FT, DBO, OD, pH, temperatura, turbidez), que por sua vez é calculado posteriormente.

- Verificar, através resultados gráficos e estatísticos, a evolução da qualidade do rio no decorrer dos anos, utilizando os mesmos nove parâmetros citados anteriormente.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 ÁGUA: HISTÓRICO E IMPORTÂNCIA

A água é uma substância fundamental para a existência da vida no planeta. É o elemento mais abundante no organismo humano e sua ingestão, quando tratada, é considerada um dos mais importantes meios para a conservação da saúde.

A Terra possui um volume enorme de água a qual cobre cerca de 70% de sua superfície (ZANCUL, 2006). Mesmo assim, em diversos locais, as pessoas ainda não têm acesso à água com características de potabilidade adequadas para o consumo.

De acordo com Grassi (2001), cerca de 97,5% da disponibilidade de água está presente nos oceanos e mares na forma salgada, ou seja, imprópria para o consumo humano. Dos 2,5% restantes, que representam água doce, dois terços estão armazenados nas geleiras e calotas polares. Apenas uma pequena parte restante de toda a água está disponível para o consumo, sendo encontrada na forma de rios, lagos, água subterrânea e umidade.

Há muito tempo se sabe da importância da água. Antigamente, notou-se que a produção de alimentos dependia da oferta de água usada no cultivo. As cidades as quais se desenvolveram no antigo Egito, após a revolução agrícola, o fizeram próximas a rios que atendessem a suas demandas domésticas e agrícolas. Posteriormente, a água corrente passou também a ser utilizada na movimentação de máquinas, em moinhos e finalmente em processos industriais (GRASSI, 2001).

Mesmo hoje, com seu uso múltiplo nas mais diferentes atividades, a água ainda é, muitas vezes, utilizada e descartada para o corpo receptor passando por nenhum tipo de tratamento.

3.2 POLUIÇÃO DAS ÁGUAS

Os corpos d'água recebem diversas substâncias poluentes, por causas naturais ou vinculadas às variadas atividades humanas, sejam elas domésticas,

comerciais ou industriais. Cada uma dessas atividades produz poluentes específicos que têm uma determinada implicação na qualidade do corpo receptor.

Segundo Sperling (1996, p. 46), a poluição das águas consiste na adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, modifiquem a natureza do corpo hídrico de forma que prejudique os legítimos usos para os quais são feitos.

Esses vários elementos despejados nas águas causam alterações em suas características físicas (turbidez, cor, odor, temperatura, viscosidade, tensão superficial, entre outros), químicas (DBO, DQO, acidez, alcalinidade, nitrogênio, entre outros) ou/e biológicas (espécies de fitoplâncton e do zooplâncton).

Para Sperling (1996, p. 48), existem basicamente duas formas em que a fonte de poluente pode atingir um corpo d'água:

- poluição pontual - atinge o corpo d'água de forma concentrada no espaço (ex: lançamento de esgotos sanitários e efluentes industriais).

- poluição difusa - adentram o corpo d'água de forma distribuída ao longo de parte de sua extensão (ex: aporte de nutrientes e agrotóxicos em córregos e rios através de drenagem).

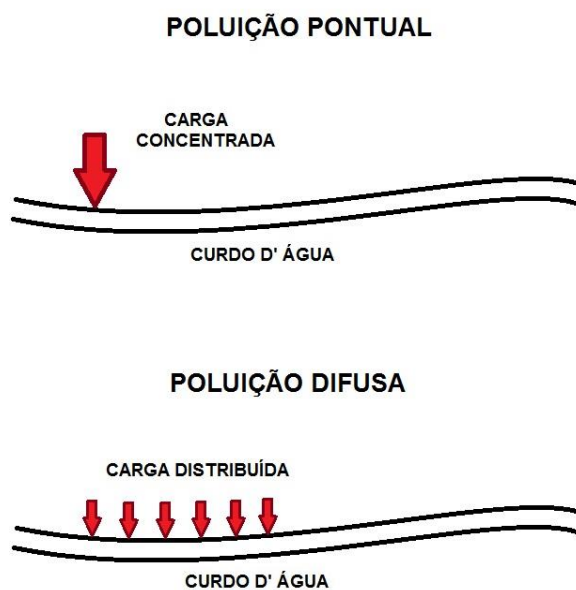


Figura 1 - Poluição pontual e poluição difusa.
Fonte: Sperling (1996)

As atividades emitem poluentes característicos, sendo que cada um deles causa um efeito, com diferentes graus de poluição.

3.2.1 Esgoto Doméstico

As águas que formam o esgoto doméstico são aquelas utilizadas para higiene pessoal, vasos sanitários, lavagem de alimentos e utensílios, e cocção (PEREIRA, 2004, p. 2).

O esgoto doméstico é a principal fonte de poluição por matéria orgânica no Brasil uma vez que a maioria absoluta dos municípios não possui o devido sistema de tratamento para eles.

Em um esgoto predominantemente doméstico, 75% dos sólidos em suspensão e 40% dos sólidos dissolvidos são de natureza orgânica. São formados principalmente de carbono, hidrogênio e oxigênio, além de nitrogênio, fósforo enxofre, ferro, entre outros. Nesse tipo de esgoto, os principais grupos de substâncias orgânicas encontrados são proteínas, carboidratos e óleos e graxas. Mas se encontram, em menor quantidade, detergentes, pesticidas, fenóis, entre outros (PIVELI; KATO, 2006, p. 208).

3.2.2 Drenagem Urbana

A quantidade de materiais sólidos na drenagem urbana é elevada em períodos chuvosos. Os primeiros 25 mm de escoamento superficial geralmente transportam grande parte das cargas poluentes de origem pluvial (TUCCI, 2001 *apud* SCHUELLER, 1987).

As redes, que deveriam ser separadas (esgoto e pluvial), acabam sendo combinadas devido à falta de rede de esgoto ou através de ligações clandestinas, sendo assim conduzidas para os corpos d'água sem qualquer tratamento.

A qualidade da água da rede pluvial depende de vários fatores como a limpeza urbana e sua frequência, a intensidade da precipitação e sua distribuição temporal e espacial, a época do ano e do tipo de uso das áreas urbana (TUCCI, 2001, p. 11).

Vale lembrar também que, apesar da concentração de sólidos presentes nos rios poder ter origens naturais, a intervenção do homem contribui bastante para o seu aumento. Como o que ocorre com a destruição das matas ciliares dos rios, as quais funcionam como filtros, retendo poluentes e sedimentos que chegariam aos cursos d'água.

3.2.3 Depósito de Resíduos Sólidos

Os depósitos de resíduos sólidos constituem rejeitos de atividades domésticas, hospitalares, industriais e agrícolas. Conforme Pereira (2004, p. 3), possuem composição variada a qual depende de fatores como nível educacional, poder aquisitivo e hábitos e costumes dos geradores.

Um dos impactos causados é o impedimento do escoamento do esgoto em galerias e dutos devido ao acúmulo de materiais. Pode-se citar também a decomposição do lixo, a qual produz o chorume, um líquido com efeito altamente poluidor. Este líquido contém concentração de material orgânico muito maior se comparado ao esgoto doméstico, além de microrganismos patogênicos e metais pesados (PEREIRA, 2004 *apud* BENETTI; BIDONE, 1995).

3.2.4 Mineração

Os impactos gerados sobre os recursos hídricos em atividade de mineração dependem da substância mineral que é beneficiada. De acordo com Farias (2002, p. 14), o beneficiamento do ouro, por exemplo, tem como principal impacto a contaminação das águas por mercúrio. Impactos de mineração no Brasil foram levantados por Farias (2002) e são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Principais impactos ambientais da mineração no Brasil

Substância Mineral	Estado	Principais Problemas
Ouro	PA	Utilização de mercúrio na concentração do ouro de forma inadequada; aumento da turbidez, principalmente na região de Tapajós.
	MG	Rejeitos ricos em arsênio; aumento da turbidez.
	MT	Emissão de mercúrio na queima de amálgama.
Chumbo, Zinco e Prata	SP	Rejeitos ricos em arsênio.
Chumbo	BA	Rejeitos ricos em arsênio.
Carvão	SC	Contaminação das águas superficiais e subterrâneas pela drenagem ácida proveniente de antigos depósitos de rejeitos.
Agregados para construção civil	RJ	Produção de areia em Itaguaí/Seropédica: contaminação do lençol freático, uso futuro da terra comprometida devido à criação desordenada de áreas alagadas.
	SP	Produção de areia no Vale do Paraíba acarretando: a destruição da mata ciliar; aumento da turbidez; conflitos com uso e ocupação do solo, acidentes na rodovia.
	RJ e SP	Produção de brita nas Regiões Metropolitanas, acarretando: vibração; ruído; emissão de particulado; problemas com transporte; conflitos com uso e ocupação do solo.
Calcário	MG e SP	Mineração em áreas de cavernas com impactos no patrimônio espeleológico.
Gipsita	PE	Desmatamento da região do Araripe devido à utilização de lenha nos fornos de queima de gipsita.
Cassiterita	RO e AM	Destruição de florestas e leitos de rios.

Fonte: FARIAS (2002, p. 14)

Nota-se que a extração de prata, chumbo e zinco gera rejeitos ricos em arsênio, enquanto a mineração do carvão causa a contaminação das águas superficiais e subterrâneas pela drenagem de águas ácidas proveniente de antigos

depósitos de rejeitos. A produção de agregados para construção civil leva a geração de areia e aumento da turbidez (FARIAS, 2002, p. 14).

3.2.5 Agricultura

O transporte de fertilizantes e defensivos agrícolas pelo escoamento superficial é responsável pelo processo de poluição não pontual, que ocorre frequentemente em áreas agrícolas. O transporte de fósforo (P) e nitrogênio (N), nutrientes para plantas aquáticas, especialmente algas, tem essencial contribuição no processo de eutrofização dos corpos d'água.

Os inseticidas, muitas vezes usados inadequadamente, acumulam-se no solo. Os animais ao redor se alimentam da vegetação contaminada e assim prosseguem o ciclo de contaminação. Os produtos químicos, usados na composição dos defensivos, infiltram no solo contaminando os lençóis freáticos e assim vão se arrastando para os rios, dando sequência à contaminação.

O constante desenvolvimento da agricultura tem contribuído bastante para a poluição do solo e das águas. Fertilizantes sintéticos e agrotóxicos (inseticidas, fungicidas e herbicidas), utilizados em larga escala nas lavouras, poluem o solo e as águas dos rios, contaminando e matando diversos seres vivos dos ecossistemas. (PEREIRA, 2004, p. 3).

3.2.6 Indústrias

A poluição industrial apresenta-se como uma fonte tipicamente pontual. De acordo com Pereira (2004, p. 3), possui uma grande variação tanto na sua composição como na sua vazão, refletindo seus processos de produção.

Segundo Pereira (2004, p. 3), originam-se em três pontos:

- águas sanitárias: efluentes de banheiro e cozinhas, tendo características iguais as do esgoto doméstico;

- águas de refrigeração: água utilizada para resfriamento, a qual tem impacto na poluição além de ser uma fonte potencial de cromo;
- águas de processos: águas que têm contato direto com a matéria-prima do produto processado.

3.2.7 Impactos no Corpo Receptor

3.2.7.1 Poluição por matéria orgânica e autodepuração

O despejo de matéria orgânica em um corpo d'água está relacionado com o consumo de oxigênio dissolvido, o qual é utilizado para respiração de seres decompositores. A diminuição de oxigênio gera diversas implicações e constitui um dos principais problemas de poluição do ponto de vista ambiental.

A autodepuração está vinculada ao restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, por mecanismos essencialmente naturais, após as alterações induzidas pelos despejos de efluentes (SPERLING, 1996, p. 93).

É importante também, conforme Sperling (1996, p. 94), o conhecimento do fenômeno e de sua quantificação tendo em vista o objetivo de se utilizar a capacidade de assimilação dos rios. Consideram-se os limites que os corpos d'água têm de assimilar despejos, sem apresentarem problemas ambientais. Em outras palavras, deve-se impedir o lançamento de despejos em níveis acima dos quais os corpos receptores estão aptos a suportar.

3.2.7.2 Eutrofização

A eutrofização é compreendida como o crescimento excessivo de espécies vegetais no meio aquático para níveis prejudiciais a utilização normal e desejável da água. O crescimento das espécies vegetais pode ser consequência de diversos fatores. Entretanto, uma das principais causas é o alto nível de nutrientes.

As mudanças devido ao enriquecimento das águas são, a princípio, benéficas. O plâncton se desenvolve e a população de peixes aumenta. Entretanto, o excessivo crescimento de espécies vegetais rapidamente se transforma num problema sério de qualidade da água (MONTEIRO, 2004, p. 2).

Segundo Monteiro (2004, p. 2), as principais consequências que podem interferir no uso da água são: as grandes variações diárias da concentração de oxigênio, as quais podem resultar em níveis de OD muito baixos nos períodos noturnos, com o conseqüente desaparecimento de certas espécies de peixes; o excesso de fitoplâncton, que tem como consequência o aumento da sedimentação desta matéria, contribuindo para redução de OD; diminuição da transparência da água; complicação nos processos de tratamento das águas para a distribuição de água potável, as quais passam a ter sabor e odor desagradáveis; proliferação das plantas aquáticas que constituem um obstáculo a pratica da navegação de lazer; degradação da qualidade da paisagem; incômodo para o banho; e pode ocorrer a proliferação de algas tóxicas.

3.2.7.3 Contaminação por microrganismos patogênicos

Um corpo d'água que recebe esgotos pode incorporar a si diversos agentes transmissores de doenças. É, então, de grande importância o conhecimento do comportamento desses agentes, desde o seu lançamento até os locais de utilização. A maioria deles possui no trato intestinal humano as condições ideais para o sua reprodução e crescimento. Porém, quando submetidos às adversas condições prevalentes no corpo d'água, tendem a decrescer em número, caracterizando assim o chamado decaimento (SPERLING, 1996, p. 141).

Para indicar a contaminação fecal em um ambiente aquático, são usadas bactérias do grupo coliforme, as quais indicam o grau de poluição das águas por fezes e, em decorrência disso, se as mesmas apresentam potencialidade para transmitir doenças.

3.3 QUALIDADE DAS ÁGUAS

3.3.1 Monitoramento das Águas

De acordo com ANA (2009), o monitoramento é o grupo de práticas que tem como objetivo o acompanhamento de determinadas características de um corpo d'água, associado a um objetivo. Nele são acompanhadas as alterações nas características físicas, químicas e biológicas da água, decorrentes de atividades antrópicas e de fenômenos naturais.

As práticas de monitoramento de qualidade de água incluem a coleta de dados e de amostras de água em locais específicos (geo-referenciados), feita em intervalos regulares de tempo, de maneira a gerar informações que possam ser utilizadas para a definição das condições presentes de qualidade da água (ANA, 2009).

O monitoramento possibilita uma avaliação adequada da qualidade da água. Para isso, podem ser utilizadas várias configurações, em termos de localização das estações de monitoramento, de periodicidade e de tipo de parâmetros monitorados.

3.3.2 Redes de monitoramento

Conforme a ANA (2009), uma rede de monitoramento de qualidade de água é constituída pelos seguintes elementos:

- Pontos de coleta, denominados estações de monitoramento, identificados pelas coordenadas geográficas;
- Instrumentos utilizados na determinação de parâmetros;
- Equipamentos utilizados na coleta, como baldes, amostradores em profundidade (garrafa de Van Dorn), corda, frascos, caixa térmica, entre outros;
- Protocolos para a determinação de parâmetros em campo, para a coleta e preservação das amostras, para análise laboratorial dos parâmetros de qualidade e para identificação das amostras;

- Estrutura logística de envio das amostras: locais para o envio das amostras, disponibilidade de transporte, logística de recebimento e encaminhamento das amostras para laboratório.

Para se ter um equilíbrio entre desenvolvimento econômico e demográfico e a disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade, que contemple os diversos usos da água, é de extrema importância o estabelecimento de um programa de monitoramento qualitativo e quantitativo das águas, o qual forneça recursos para se avaliar as condições dos mananciais e se tomar as corretas decisões associada ao gerenciamento dos recursos hídricos. O planejamento de uma rede de monitoramento de qualidade de água inicia-se pela definição dos objetivos do monitoramento. Define-se então a configuração da rede em termos do número e da localização das estações, da frequência de monitoramento e dos parâmetros a serem monitorados. Estes ficam condicionados à disponibilidade de recursos para o monitoramento. Determinam-se os roteiros de operação considerando-se a compatibilidade dos tempos de deslocamento e de coleta com os prazos para o envio e processamento das amostras. Definidos os roteiros, são identificados os equipamentos necessários para a coleta, preservação das amostras e determinação de parâmetros em campo (ANA, 2009).

3.3.3 Parâmetros de Qualidade

A qualidade das águas pode ser representada por meio de diversos parâmetros os quais expressam as suas principais características físicas, químicas e biológicas.

3.3.3.1 Turbidez

Conforme Sperling (1996, p. 24), a turbidez representa o grau de interferência que a luz sofre ao passar através da água, conferindo-a uma aparência turva.

O fenômeno é causado pela presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte e argila) e detritos orgânicos, algas e bactérias,

plâncton em geral, entre outros. Essas partículas têm origem de despejos industriais, despejos domésticos e erosão das margens dos rios que, em períodos chuvosos, gera um aumento expressivo na turbidez das águas (PIVELI; KATO, 2006, p. 117).

Segundo Piveli e Kato (2006, p. 118), é considerada um parâmetro de extrema importância e que indica a qualidade estética da água para abastecimento público.

Também há a possibilidade de reduzir a penetração de luz de tal forma que prejudique a fotossíntese, além de poder estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos (SPERLING, 1996, p. 24).

3.3.3.2 Temperatura

Alterada em geral por despejos industriais, a temperatura influencia quase todos os processos físicos, químicos e biológicos da água. Os organismos que vivem na água são adaptados a uma determinada faixa de temperatura e possuem uma temperatura preferencial. Eles conseguem aguentar oscilações somente até determinados limites, sendo que acima destes, sofrem o que se chama de morte térmica (PAREY, 1993, p. 16).

Conforme Piveli e Kato (2006, p. 129), a temperatura influencia também na solubilidade de gases dissolvidos na água, em particular o oxigênio. Isso faz com que em meses quentes de verão os níveis de oxigênio dissolvido nas águas poluídas sejam mínimos, provocando assim mortandade de peixes e, em casos mais extremos, maus odores com o esgotamento total do oxigênio e consequente decomposição anaeróbia de compostos.

3.3.3.3 Coliformes fecais (CF)

Coliformes fecais é um subgrupo de bactérias do grupo coliformes totais que geralmente habitam o trato digestivo de animais de sangue quente, incluindo o homem, outros mamíferos e as aves. Cada pessoa excreta cerca de dois bilhões dessas bactérias por dia. A população de coliformes fecais é constituída em grande

parte pela bactéria patogênica *Escherichia coli*, que tem seu habitat exclusivo no trato intestinal do homem e de outros animais (EMBRAPA, 2005).

Não representam por si só uma ameaça para a saúde, sendo usualmente utilizados como parâmetro indicador da possibilidade de existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica como disenteria bacilar, febre tifoide e cólera (ANA, 2009).

3.3.3.4 Potencial hidrogeniônico (pH)

Representa a concentração, em escala anti-logarítmica, de íons hidrogênio. Indica valores sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água em uma faixa de valores de 0 a 14.

Valores de pH igual a sete representam neutralidade, já acima de 7 representam condições ácidas e abaixo de 7 condições básicas.

Segundo Parey (1993, p. 19), o valor do pH de águas naturais oscila entre 6,5 e 8,5. Valores de pH na faixa de 6 a 9 são considerados compatíveis, a longo prazo, para a maioria dos organismos. Com valores de pH abaixo de 5,5, a maioria dos pequenos organismos é prejudicada ou morta. Valores muito altos também são prejudiciais às espécies.

Para Piveli e Kato (2006, p. 136), o efeito indireto causado também é muito importante, podendo determinadas condições de pH contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados, além de exercerem influência sobre a solubilidade de nutrientes.

3.3.3.5 Oxigênio dissolvido (OD)

O oxigênio é essencial para o metabolismo dos organismos aeróbios. Durante o processo de estabilização da matéria, 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

condições anaeróbias, onde há a geração de maus odores (SPERLING, 1996, p. 33).

A maioria das espécies não resiste a concentrações de oxigênio dissolvido na água inferiores a 4,0 mg/L. É um parâmetro de extrema relevância na classificação das águas naturais, bem como na composição de índices de qualidade de águas. Vale lembrar que a determinação da concentração de oxigênio dissolvido é essencial para o desenvolvimento da análise de DBO, demanda bioquímica de oxigênio (PIVELI; KATO, 2006, p. 205).

3.3.3.6 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

Expresso em mg/l, é um fator fundamental para o controle da poluição por matéria orgânica. Representa a demanda potencial de oxigênio dissolvido a qual poderá ocorrer devido à estabilização dos compostos orgânicos biodegradáveis, o que, em algumas situações, chega a trazer os níveis de oxigênio nas águas abaixo dos exigido pelos peixes, levando-os à morte (PIVELI; KATO, 2006, p. 212).

Conforme Piveli e Kato (2006, p. 212), no tratamento de esgotos, a DBO é um parâmetro importante no controle da eficiência das estações, tanto de tratamentos biológicos aeróbios e anaeróbios, bem como físico-químicos.

3.3.3.7 Sólidos totais (ST)

A poluição das águas por sólidos pode causar danos à vida aquática, com a diminuição da incidência de luz, aumento da sedimentação no leito dos rios, destruindo organismos que fornecem alimentos, ou também danificar os leitões de desova de peixes. Os sólidos também podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia (TRENTIN; BOSTELMANN, 2010, p. 64).

De acordo com Trentin e Bostelmann (2010, p. 64), fontes de sólidos totais incluem descarga industrial, esgoto, fertilizantes, escoamento de rodovias, e erosão

do solo. Vale lembrar que as concentrações de sólidos totais aumentam durante eventos de precipitação e o seu monitoramento colabora com a verificação de tendências de erosão.

3.3.3.8 Nitrogênio

As fontes de nitrogênio nas águas são das mais diversas. Os esgotos sanitários constituem em geral a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico (devido à presença de proteínas) e nitrogênio amoniacal (devido à hidrólise sofrida pela ureia na água). Alguns efluentes industriais também concorrem para as descargas de nitrogênio, como algumas indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, matadouros, entre outras. A atmosfera é outra fonte importante devido a diversos fatores como: a fixação biológica desempenhada por bactérias e algas, que incorporam o nitrogênio atmosférico em seus tecidos; a fixação química, reação a qual depende da presença de luz; e a lavagem da atmosfera poluída pelas águas pluviais. Na agricultura, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio (PIVELI; KATO, 2006, p. 233).

O nitrogênio é um elemento indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações, conduz à eutrofização. Também atua de forma essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pelo tratamento de esgotos (SPERLING, 1996, p. 31).

3.3.3.9 Fósforo

A presença de fósforo nos corpos d'água se deve principalmente às descargas de esgoto sanitário. O uso de detergentes superfosfatados empregados em larga escala domesticamente constitui a principal fonte, além da própria matéria fecal, que é rica em proteína. Alguns efluentes industriais, tais como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas e químicas apresentam fosfato em quantidades excessivas.

As águas drenadas na agricultura e cidades também podem provocar a presença excessiva de fósforo uma vez que existe a aplicação de fertilizantes no solo (PIVELI; KATO, 2006, p. 241).

Segundo Sperling (1996, p. 33), o fósforo não apresenta problemas de ordem sanitária nas águas de abastecimento, porém, assim como o nitrogênio, constitui um elemento fundamental para o crescimento de algas, podendo causar eutrofização quando em grandes quantidades.

3.3.4 Enquadramento dos Rios

Como a água é um recurso comum à população, foi preciso, para sua preservação, instituir restrições legais de uso. Sendo assim, as características físicas e químicas dos recursos hídricos devem estar situadas dentro de certos limites, os quais se apresentam por padrões, valores orientadores da qualidade de água. Há inúmeros padrões de qualidade das águas, que podem ser entendidos como referências normativas (com amparo legal), estabelecidos por entidades conceituadas, que devem ser obedecidas para que qualidade e uso da água sempre estejam em compatibilidade.

A resolução CONAMA 357/2005, por exemplo, classifica as águas doces segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes (Tabela 2).

Tabela 2 - Classificação das águas doces e seus possíveis destinos.

Classe	Destinação
1	Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
2	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; Proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; aquicultura e atividade de pesca.
3	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; pesca amadora; recreação de contato secundário; dessedentação de animais.
4	Navegação e harmonia paisagística.

Fonte: Resolução CONAMA Nº 357 (BRASIL, 2005)

A resolução CONAMA 357/2005 também dispõe sobre diretrizes ambientais para o enquadramento. Dentre as quatro classes de água doce descritas, são estipuladas condições e padrões para cada (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores limites para o enquadramento nas classes de água doce.

Classes - água doce	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Oxigênio Dissolvido	maior que 6 mg/L	maior que 5 mg/L	maior que 4 mg/L	maior que 2 mg/L
DBO	até 3 mg/L	até 5 mg/L	até 10 mg/L	-
pH	entre 6 e 9	entre 6 e 9	entre 6 e 9	entre 6 e 9
Turbidez	até 40 UNT	até 100 UNT	até 100 UNT	-
Coliformes Fecais	até 200 por 100 mililitros	até 1000 por 100 mililitros	até 2500 por 100 mililitros	-
Sólidos Dissolvidos	até 500 mg/L	até 500 mg/L	até 500 mg/L	-
Fósforo Total (amb. lêntico/amb. lótico)	menor que 0,02 / 0,10 mg/L	menor que 0,03 / 0,10 mg/L	menor que 0,05 / 0,15 mg/L	-
Nitrogênio Total (amb. lêntico/amb. lótico)	menor que 1,27 / 2,18 mg/L	menor que 1,27 / 2,18 mg/L	-	-

Fonte: Resolução CONAMA Nº 357 (BRASIL, 2005)

3.3.5 Índice de Qualidade da Água (IQA)

O Índice de Qualidade das Águas foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation*. Em 1975, foi adaptado e passou a ser utilizado pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Anos depois, outros estados brasileiros adotaram o IQA, que atualmente é o principal índice de qualidade da água utilizado no país (ANA, 2009).

Conforme consta no site oficial da CETESB, a criação do IQA baseou-se numa pesquisa de opinião junto a especialistas na área, que indicaram os parâmetros a serem avaliados, o peso relativo deles e a condição com que se apresenta cada

parâmetro, segundo uma escala de valores "*rating*". Foram 35 parâmetros indicadores de qualidade de água inicialmente propostos, entretanto, somente 9 foram selecionados. Para estes, a critério de cada profissional, foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro.

Para a ANA (2009), a avaliação da qualidade da água obtida através do IQA apresenta limitações uma vez que este índice não analisa vários parâmetros fundamentais para o abastecimento público, tais como substâncias tóxicas (ex: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água.

3.4 ESTUDOS DA QUALIDADE DA ÁGUA EM CORPOS DE ÁGUA NO BRASIL

A seguir são apresentados estudos da qualidade da água em rios na bacia do Alto Iguaçu e em outros corpos hídricos do país.

3.4.1 Estudos na Bacia do Alto Iguaçu

Em relatório do Instituto Ambiental do Paraná (IAP) de 2009, foi avaliada a qualidade do Rio Iguaçu e de seus afluentes pelo método de Avaliação Integrada da Qualidade da Água (AIQA).

O AIQA forneceu um diagnóstico final que permitiu classificar a qualidade da água em sete classes de cores, comparáveis à classificação determinada pela Resolução CONAMA 357/2005 (conforme Tabela 4).

Tabela 4 - Classes de qualidade conforme AIQA.

CLASSE DE QUALIDADE	COMPATIBILIDADE CLASSES CONAMA	COR INDICADORA	DISTÂNCIA Ln AO PONTO F (AIQA)
Muito boa	Classe 1	 azul claro	0,00 a 0,20
Boa	Classe 2	 verde claro	>0,20 a 0,40
Pouco Poluída	Classe 3	 amarelo	>0,40 a 0,60
Medianamente Poluída	Classe 3	 laranja claro	>0,60 a 0,80
Poluída	Classe 4	 laranja escuro	>0,80 a 1,00
Muito Poluída	Fora de Classe	 vermelho	>1,00 a 1,20
Extremamente Poluída	Fora de Classe	 roxo	>1,20

Fonte: IAP (2009)

Para esse relatório, o rio Iguaçu foi monitorado em seis estações na região do Alto Iguaçu, no período de cinco anos (de 2005 a 2009). A localização das amostras e os resultados são apresentados nas Tabelas 5 e 6, respectivamente.

Tabela 5 - Estações de monitoramento - IAP.

ESTAÇÃO	RIO	MUNICÍPIO
AI04	Iguaçu	S. J. Pinhais
AI20	Iguaçu	Curitiba
AI24	Iguaçu	Curitiba
AI14	Iguaçu	Araucária
AI25	Iguaçu	Balsa Nova
AI13	Iguaçu	Porto Amazonas

Fonte: IAP (2009)

Tabela 6 - Resultado da avaliação da qualidade conforme relatório do IAP.

ESTAÇÃO	VIOLAÇÕES	VALOR AIQA	CLASSE AIQA	CLASSE PREPONDERANTE
AI04	OD, DBO, P total, N amoniacal, Surfactante, Fenóis, Chumbo, Cromo, Níquel e <i>E. coli</i>	1,04	 Muito Poluída	93% Classe 4 7% Classe 3
AI20	OD, DBO, P total, N amoniacal, Turbidez e <i>E. coli</i>	1,07	 Muito Poluída	23% Classe 4 77% Fora de Classe
AI24	OD, DBO, P total, N amoniacal e <i>E. coli</i>	1,12	 Muito Poluída	38% Classe 4 62% Fora de Classe
AI14	OD, DBO, N amoniacal, P total, Surfactantes, Cobre, Mercúrio, toxicidade e <i>E. coli</i>	1,12	 Muito Poluída	28% Classe 4 72% Fora de Classe
AI25	OD, DBO, P total N amoniacal, Turbidez e <i>E. coli</i>	1,04	 Muito Poluída	79% Classe 4 21% Classe 3
AI13	DBO, P total, N amoniacal, Chumbo, Turbidez, Cobre, Níquel e <i>E. coli</i>	0,95	 Poluída	93% Classe 4 7% Fora de Classe

Fonte: IAP (2009)

De acordo com os resultados, foi percebido que os pontos mais poluídos foram nos monitoramentos realizados em Curitiba e Araucária. Enquanto o mais limpo se deu em Porto Amazonas.

Vários parâmetros da resolução CONAMA 357/2005 foram violados para a classe do rio (classe 2). Todos os pontos apresentaram poluição.

Em outra pesquisa, Coelho (2013) analisou a qualidade da água em diversos pontos do rio Iguaçu. Ficou constatado que a influência na qualidade da água gerada pelos afluentes do rio não é muito significativa uma vez que o rio Iguaçu apresenta, em geral, um número muito superior de cargas poluentes. Resultados de probabilidades condicionais mostraram que, em termos de qualidade da água, expressa por concentrações de constituintes, o rio principal não representa os afluentes, pois suas probabilidades de estarem simultaneamente acima ou abaixo do limite (da resolução CONAMA 357/2005) são baixas.

Alves e Mendes (2011) analisaram a qualidade da água do rio Bacacheri e do rio Barigui. No Rio Bacacheri, os parâmetros em desacordo com a resolução CONAMA 357/2005 para a classe do rio foram: OD, DBO, N e CF (característicos de esgoto doméstico). No Rio Barigui, os parâmetros em desacordo foram OD, DBO, P,

N, CF, Surfactantes, Fenóis, Pb, Cu, Zn, Hg (sendo os seis últimos característicos de esgoto industrial).

3.4.2 Estudo em Outros Corpos de Água

Rodríguez (2001) avaliou a qualidade da água dos recursos hídricos da bacia Alto Jacaré-Guaçu em São Carlos/SP. Constatou-se que, na avaliação dos parâmetros de qualidade, os resultados foram críticos para o período de estiagem, o que ocorreu devido à diminuição do fluxo de água. Com relação à poluição, classificou-se partes da bacia como de baixa ou pouca poluição, partes as quais se situavam em trechos de não influência urbana. Trechos com influência urbana da cidade de São Carlos encontraram-se fortemente poluídos. Já os trechos finais se mostraram com poluição moderada ou em processo de recuperação. As causas prováveis avaliadas para os impactos na bacia foram: a falta de tratamento do esgoto doméstico, principalmente nas áreas urbanas; desmatamento contínuo que levou à substituição da vegetação natural por monoculturas e pastagens; o uso irregular do solo, que causou erosão e assoreamento nos corpo d'água; a expansão sem controle das áreas urbanas próximo às margens e principalmente nas nascentes dos corpos de água; e a falta de controle na comercialização e uso dos defensivos agrícolas.

Cotrim (2006) verificou 30 parâmetros de qualidade na bacia hidrográfica do Ribeira de Iguape, localizada na região sudeste do estado de São Paulo. A análise mostrou que a região apresenta em geral, altas concentrações de Al, Fe e Mn nas amostras de água dos mananciais, excedendo os valores da resolução CONAMA 357/2005. Entretanto, nas amostras de água para abastecimento público analisadas, as concentrações médias de todos os elementos encontraram-se, no geral, abaixo dos limites estabelecidos pela Portaria 518/MS.

As alterações hidrológicas decorrentes de mudanças do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do alto Rio Ligeiro, em Pato Branco/PR, foram avaliadas por Jabur (2010). A metodologia se baseou em mapas de altitude, drenagem e uso do solo de 1980 e 2008, bem como o levantamento histórico da ocupação da bacia.

Coletou-se amostras de água superficial para classificação da qualidade e visualização das condições ambientais do rio. Os resultados mostraram que a qualidade da água superficial revelou-se fora dos limites da classificação segundo a resolução CONAMA 357/2005 para os valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio e Demanda Química de Oxigênio, que classificaram a água como classe 4, ou seja, para fins de navegação ou paisagismo sem contato primário. Percebeu-se também que o aumento das áreas urbanizadas refletiu diretamente nas elevações das vazões de pico.

Romitelli (2006) estudou a qualidade e quantidade de água de um trecho de uma pequena bacia hidrográfica, do Córrego Bonifácio, afluente do Rio Jundiá/SP. Foram avaliadas a qualidade e quantidade da água nos períodos da seca e chuvosos. Para a qualidade, foram avaliados os parâmetros: pH, condutividade, temperatura do ar e água, oxigênio dissolvido, turbidez, cor, coliforme total e fecal e as formas de nitrogênio - NT, NO_3 e NH_3 . Verificou-se que alguns parâmetros analisados extrapolaram os padrões previstos na Resolução CONAMA 357/2005 para a classe do rio, especialmente Coliformes Totais e Cor. Foi também verificada elevada concentração de nitrato nos períodos estudados. No estudo, o perfil topográfico, a ocorrência de mata ciliar e uma área de várzea natural podem estar proporcionando a redução da poluição em um local, onde foi verificada remoções de cor e turbidez. O uso a montante do trecho estudado, a existência de criação de animais e diversas outras atividades antrópicas, estejam contribuindo com um grande afluxo de poluentes, elevando suas concentrações e assim tornando a qualidade da água não adequada para o uso a que se destina.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Para a avaliação da qualidade da água foi escolhido o Rio Iguaçu como objeto de estudo. Em suma, a ideia central do trabalho consistiu em analisar a qualidade da água do rio no decorrer dos anos, em diferentes estações de monitoramento, a partir de parâmetros de qualidade disponíveis no sistema Hidroweb da Agência Nacional das Águas (ANA). Os parâmetros analisados foram: temperatura, pH, turbidez, coliformes fecais, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, sólidos totais, nitrogênio total e fósforo total.

Foram utilizados como base para a análise os limites que estabelece a Resolução CONAMA nº 357/2005 para o enquadramento do rio nas diferentes classes de água doce.

O IQA da CETESB também foi calculado para as estações, avaliando o nível de qualidade da água de forma geral, decorrente da concentração dos parâmetros.

4.1 OBJETO DE ESTUDO

Considerado o maior rio totalmente paranaense, o Rio Iguaçu é formado na parte leste do município de Curitiba, na divisa com o município de Pinhais, seguindo seu curso de 1.320 km (ANA, 2013), até desaguar no Rio Paraná.

Apesar de conhecido como um dos rios mais poluídos do país é, conforme a portaria SUREHMA nº020/92, enquadrado em grande parte como rio de classe 2, o que não significa, necessariamente, que esta classe demonstre sua real situação.

Na bacia do Médio e Baixo Iguaçu (centro e oeste da Bacia do Iguaçu, respectivamente - indicadas pelos números 11 e 12 na Figura 2), inicia-se uma sequência de usinas hidrelétricas instaladas ao longo do Rio Iguaçu. Sendo assim, a qualidade da água nessas regiões possui influência direta dos reservatórios das usinas.

Em decorrência disso, optou-se por estudar exclusivamente estações de monitoramento na região do Alto Iguaçu (leste da Bacia do Iguaçu).

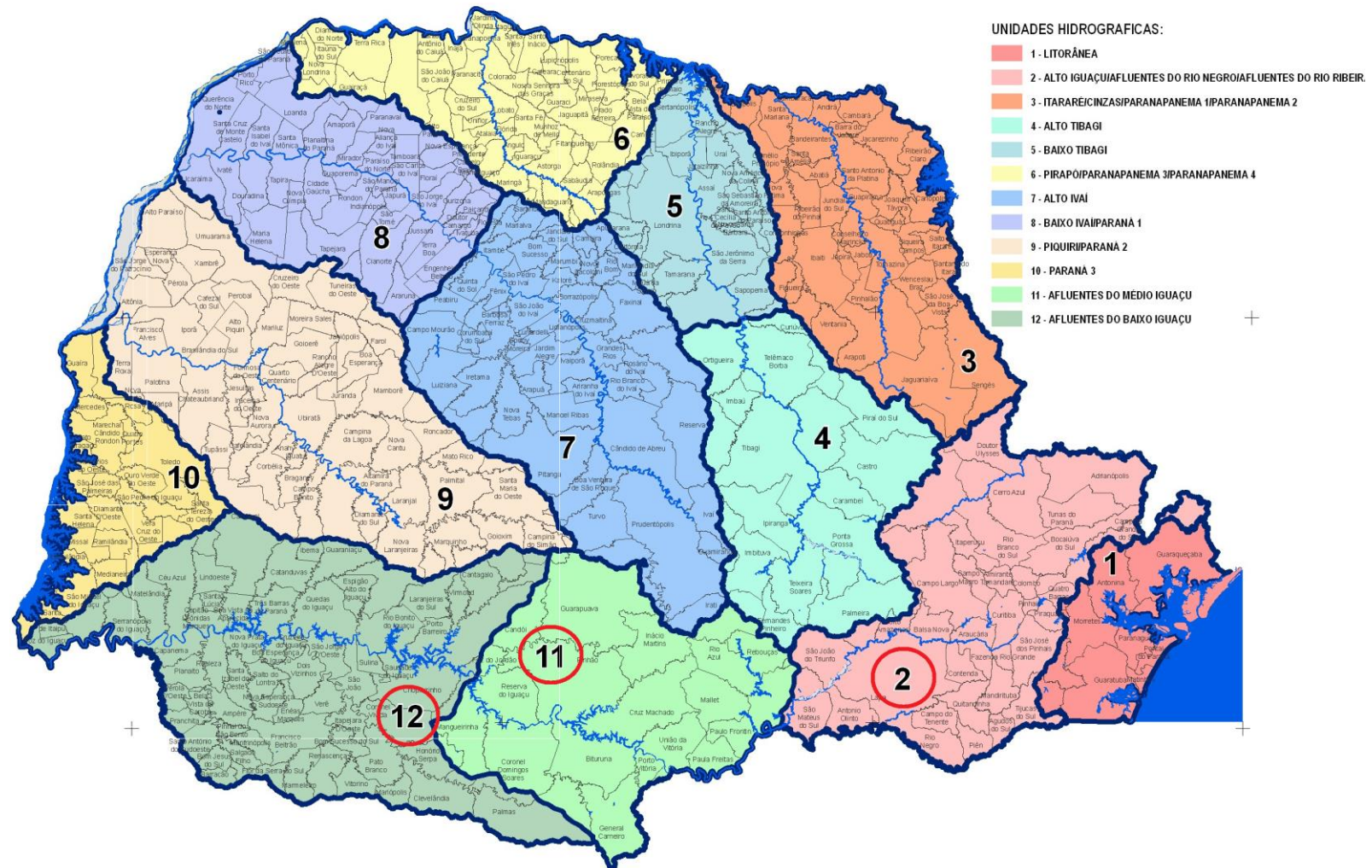


Figura 2 - Unidades Hidrográficas do Paraná
Fonte: Instituto das Águas do Paraná, 2007.

4.2 ATIVIDADES NA REGIÃO DA BACIA DO ALGO IGUAÇU

A demografia da região é fortemente condicionada pela evolução populacional de Curitiba e da RMC, que apresentou um aumento mais expressivo da taxa de urbanização nas décadas de 60 e 70, e chegou ao ano 2000 com 91,2% da população residindo na área urbana metropolitana (SUDERHSA, 2007)

Segundo SUDERHSA (2007), dentre as principais atividades econômicas locais, destaca-se a indústria de transformação, representada pela indústria química, metalúrgica, mecânica e materiais de transporte e elétrico, produtos alimentares, madeiras, bebidas e transformação de bens minerais não metálicos. De todos os bens minerais produzidos no Paraná, a RMC responde pela quase totalidade do calcário calcítico, além da quase totalidade de feldspato, fluorita, gnaisse, mármore, migmatito, ouro, quartzito, saibro, sericita e turfa. Participa ainda, em termos quantitativos, com 87% do granito produzido, 83% de toda água mineral, 80% do filito, 74% do caulim, 72% do calcário dolomítico, 49% da argila, 37% do cascalho, 31% da areia, 10% do talco e 5% das rochas básicas (diabásio, entre outros). Na agricultura, em regiões no entorno da capital, destaca-se o plantio de olerícolas (batata inglesa, batata salsa, batata doce, cenoura, cebola, repolho, tomate, couve-flor, abobrinha, mandioca e hortaliças em geral), grãos (milho e feijão) e fruticultura (uva, laranja, tangerina, pêssego, pêra, caqui e ameixa). A criação de animais também é uma atividade econômica desenvolvida na Alto Iguaçu, porém, em menor escala. Destaca-se a criação de aves de corte, bovinos de leite e corte, suínos, ovinos, equinos, apicultura e piscicultura.

4.3 OBTENÇÃO E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

No levantamento primário de dados de qualidade, disponíveis no Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas - Hidroweb, buscou-se por séries históricas, utilizando como parâmetro da busca “Rio Iguaçu” e “Paraná”. Foram encontradas 123 estações de monitoramento no rio.

Através de uma análise superficial dos dados, verificou-se que, das 123 estações de monitoramento disponíveis, apenas 25 constavam com o item de qualidade de água. As entidades responsáveis pelas estações e as suas operadoras são: a Agência Nacional de Águas (ANA), a Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR, a Companhia Paranaense de Energia - COPEL, a TRACTEBEL e a ITAIPU.

Com as informações do site já coletadas e organizadas em uma planilha única, tornou-se possível verificar quais parâmetros de qualidade da água estão de fato disponíveis em cada estação de monitoramento (Tabela 7).

Para o estudo, foram escolhidas as estações no Alto Iguaçu, devido a existência de hidroelétricas nas outras regiões, como já mencionado. Através das coordenadas geográficas, localizou-se cada estação no mapa, como mostra a Figura 3.

Outras estações também foram eliminadas do estudo por contemplarem poucos anos de medições, poucos números de medições de parâmetros específicos, ou por não apresentarem todos os parâmetros de qualidade da água medidos.

Tabela 7 - Detalhes das estações de monitoramento e os parâmetros fornecidos.

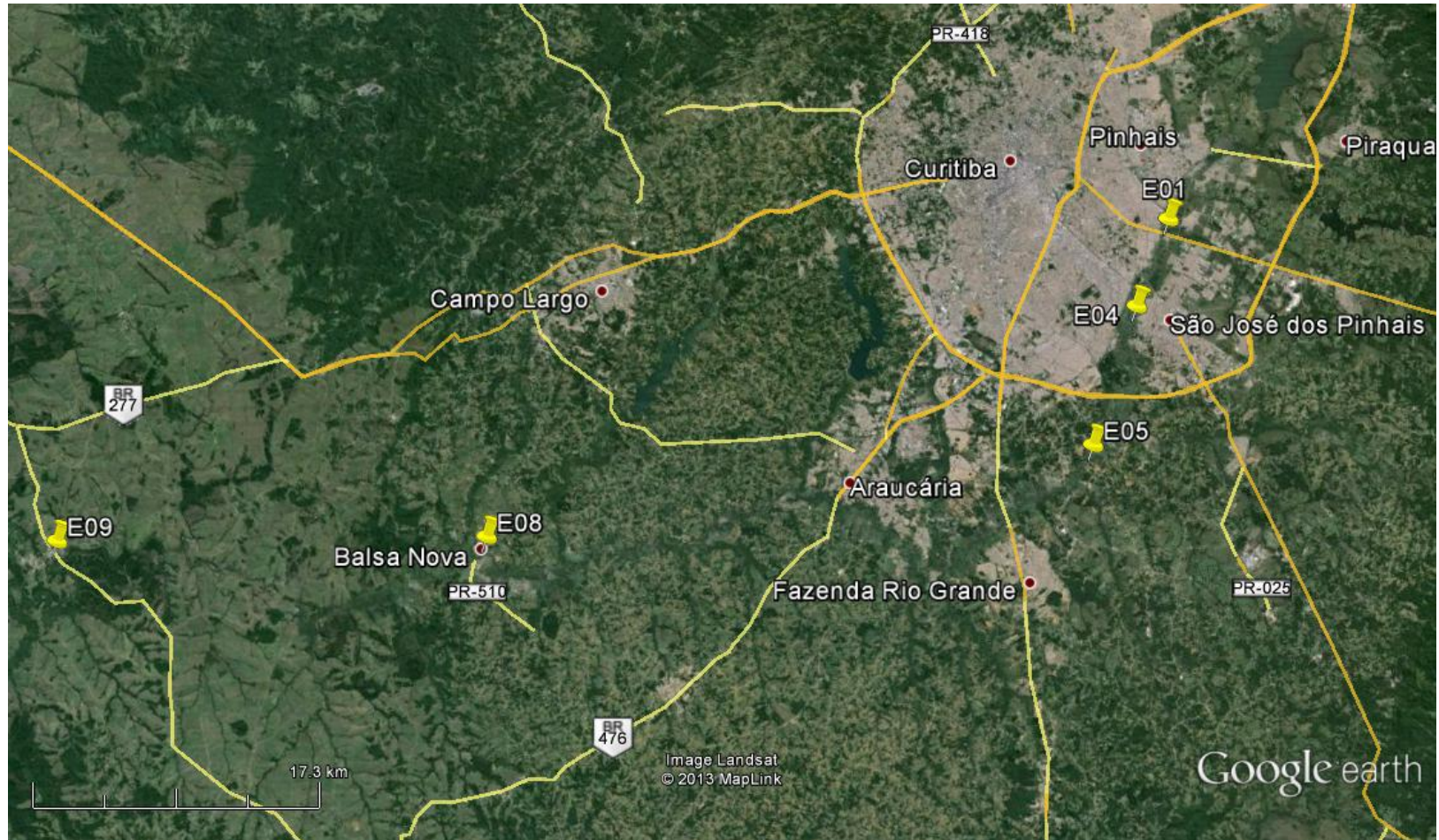
Est.	Código	Localização	Cidade	Anos	Turb.	Temp.	Colif.	pH	OD	DBO	ST	N	P
E1 ✓	65009000	-25:29:2/-49:11:23	São José dos Pinhais	1981 a 2011	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E2	65040500	-25:30:0/-49:12:0	Curitiba	1981 a 1983	X	X	-	X	-	-	X	-	-
E3	65013000	-25:30:56/-49:12:34	Curitiba	1984	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E4 ✓	65013005	-25:31:41/-49:13:8	Curitiba	1984 a 2010	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E5 ✓	65017006	-25:35:56/-49:15:39	São José dos Pinhais	1991 a 2011	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E6	65019980	-25:36:2/-49:23:53	Araucária	1983 a 2014	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E7	65020000	-25:35:44/-49:24:56	Araucária	1981 a 2011	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E8 ✓	65028000	-25:35:19/-49:37:55	Balsa Nova	1982 a 2011	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E9 ✓	65035000	-25:32:53/-49:53:19	Porto Amazonas	1976 a 2011	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E10	65060000	-25:52:33/-50:23:23	São Mateus do Sul	1977 a 2011	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E11	65220000	-26:1:9/-50:35:33	São Mateus do Sul	1981 a 2011	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E12	65310000	-26:13:41/-51:4:49	União da Vitória	1976 a 2011	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E13	65365800	-26:9:55/-51:13:41	Porto Vitória	1986 e 2010	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E14	65835000	-25:43:59/-52:16:0	Chopinzinho	1977 a 1979	-	X	-	X	X	-	-	-	-
E15	65883000	-25:37:16/-52:37:11	Laranjeiras do Sul	1981 a 1992	X	X	X	X	X	X	X	X	-
E16	65883050	-25:37:18/-52:37:11	Laranjeiras do Sul	1984 a 1992	X	X	X	X	X	X	X	X	-
E17	65883060	-25:38:0/-52:37:0	Laranjeiras do Sul	1984 a 1992	X	X	X	X	X	X	X	X	-
E18	65895002	-25:32:21/-53:1:52	Quedas do Iguaçu	1980 a 1992	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E19	65975000	-25:31:59/-53:30:0	Capitão L. Marques	1981 a 1995	X	X	X	X	X	X	X	X	-
E20	65985000	-25:33:0/-53:46:0	Céu Azul	1977 a 1985	X	X	X	X	X	X	X	X	-
E21	65986000	-25:33:35/-53:50:40	Capanema	1977 a 2012	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E22	65988000	-25:35:22/-53:58:42	Capanema	1981 a 1997	X	X	X	X	X	X	X	X	-
E23	65993000	-25:40:59/-54:25:59	Foz do Iguaçu	1983 e 1987	X	X	X	X	X	X	X	X	-
E24	65995000	-25:37:40/-54:28:50	Foz do Iguaçu	1980 a 2007	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E25	65999020	-25:35:0/-54:33:0	Foz do Iguaçu	1980 a 1990	X	X	X	X	X	X	X	X	-

Fonte: HidroWeb - ANA.



Figura 3 - Estações de monitoramento com dados de qualidade - (1:4.000.000).
Fonte: Instituto de Águas do Paraná (mapa das bacias)

É apresentada na Figura 4, em um mapa com escala maior, a localização das estações efetivamente estudadas.



**Figura 4 - Mapa de satélite representando as estações selecionadas (2013).
Fonte: Google Earth**

Para as estações selecionadas, foram verificados os afluentes e subafluentes entre elas (Figura 5), possibilitando assim saber quais rios podem contribuir, eventualmente, com cargas poluentes.

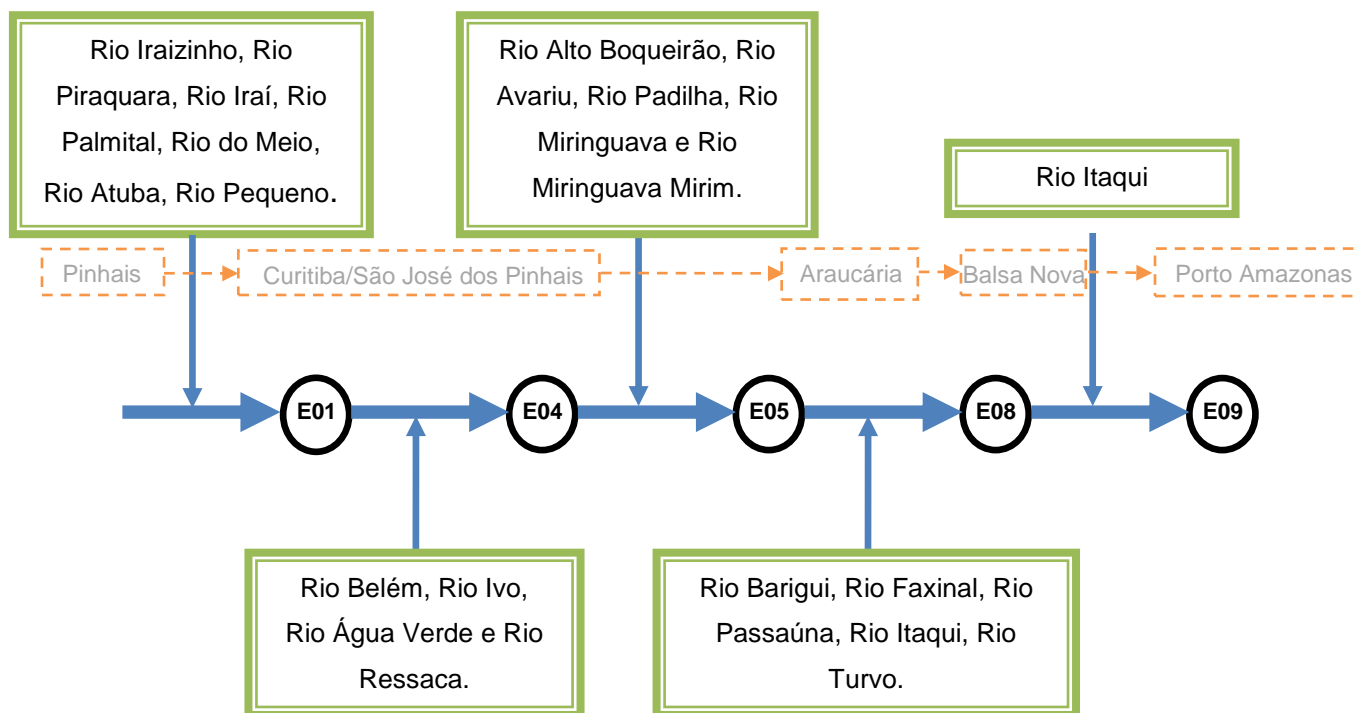


Figura 5 – Fluxograma de subafluentes do Rio Iguaçu nos trechos entre as estações.

Dados do IBGE também foram coletados - e são mostrados na Tabela 8 - a fim de se saber mais sobre a população e o seu crescimento nas cidades em que passam as estações de monitoramento, o que é pertinente para o estudo temporal.

Tabela 8 - Evolução da População

Cidade	População - 1991	População - 2000	População - 2010
Pinhais	-	102.985	117.008
Curitiba	1.315.035	1.587.315	1.746.896
São José dos Pinhais	127.455	204.316	264.210
Fazenda Rio Grande	-	62.877	81.615
Araucária	61.889	94.258	119.123
Balsa Nova	7.515	10.153	11.300
Porto Amazonas	3.579	4.236	4.514

Fonte: Infográficos – IBGE (2013)

4.4 REPRESENTAÇÕES GRÁFICAS

Com os dados coletados e devidamente organizados, geraram-se: curvas de permanência dos parâmetros de qualidade; gráficos com a evolução das concentrações a partir das séries históricas disponíveis; cálculos dos índices de qualidade da água; e diagramas de caixa (boxplot) para o estudo espacial.

4.4.1 Curvas de permanência dos parâmetros de qualidade

As curvas de permanência foram confeccionadas a partir da análise das séries históricas de cada parâmetro, de cada estação de monitoramento, individualmente. Elas foram geradas pelos dados de concentração dos parâmetros, os quais foram ordenados e, então, obtida a frequência de ocorrência dos mesmos.

Indicando os valores limites da Resolução CONAMA nº 357/2005 nos gráficos de curva de permanência, foi possível saber a porcentagem do tempo em que esses limites foram atendidos.

4.4.2 Cálculo dos IQA

Calculou-se o IQA, da CETESB, para os dias nos quais foram medidos todos os parâmetros de qualidade exigidos para obtenção do índice.

O IQA foi obtido pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros que o integram.

A seguinte equação (1), disponibilizada no site da CETESB, foi utilizada:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

q_i : qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida (ver Figura 6);

w_i : peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que (ver Figura 6);

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (2)$$

n : número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

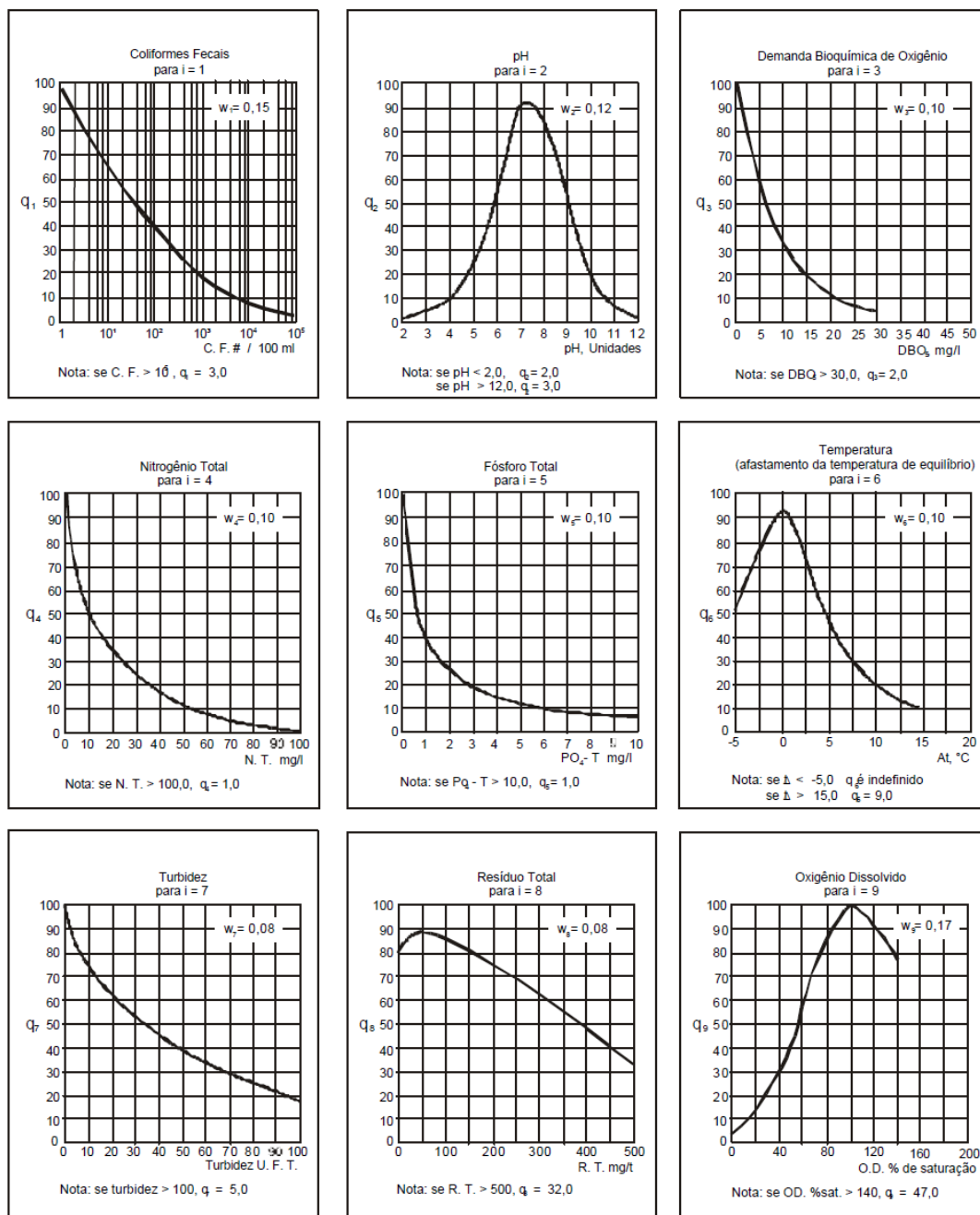


Figura 6 - Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas
Fonte: CETESB (2013)

Para quando não se dispôs do valor de alguma das nove variáveis, o cálculo do IQA não se viabilizou e, portanto, não pode ser calculado para essa data.

Com os índices já obtidos, determinou-se a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, apresentado na Tabela 9, que varia em escala de 0 a 100.

Tabela 9 - Classificação do IQA

Categoria	Ponderação
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

Fonte: CETESB (2013)

4.4.2.1 Equações do índice de qualidade das águas.

Ferreira e Almeida (2005), através do Programa Nacional do Meio Ambiente (PNMA II), estabeleceram equações dos índices de qualidade da água para aprimorar bancos de dados e facilitar cálculos. Assim, criaram o Sistema de Cálculo da Qualidade da Água (SCQA), definindo as equações utilizadas para cada parâmetro q_i que compõe o IQA. As equações do SCQA são apresentadas no APÊNDICE A - Equações do SCAQ.

Para efetuar esses cálculos foi preciso saber a altitude de cada ponto monitorado visto que esta tem influencia direta na concentração de oxigênio dissolvido. As cotas das estações (em metros e em relação ao nível do mar) E01, E04, E05, E08 e E09 são 880, 875, 879, 854,36 e 780, respectivamente.

4.4.3 Diagramas de Caixa

O diagrama de caixa, ou boxplot, é uma representação que capta importantes aspectos estatísticos de um conjunto de dados.

Na construção dos diagramas foram usados os seguintes percentis:

- 10º, 25º, 50º (mediana) 75º e 90º - para a caixa;
- 1º e 99º - para os whiskers.

O percentil é uma medida da posição relativa de uma unidade observacional em relação às demais.

Esses valores são interessantes já que mostram de forma mais clara informações sobre a dispersão dos dados.

Para um melhor entendimento da formatação do diagrama utilizado, é apresentado abaixo um modelo genérico (Figura 7).

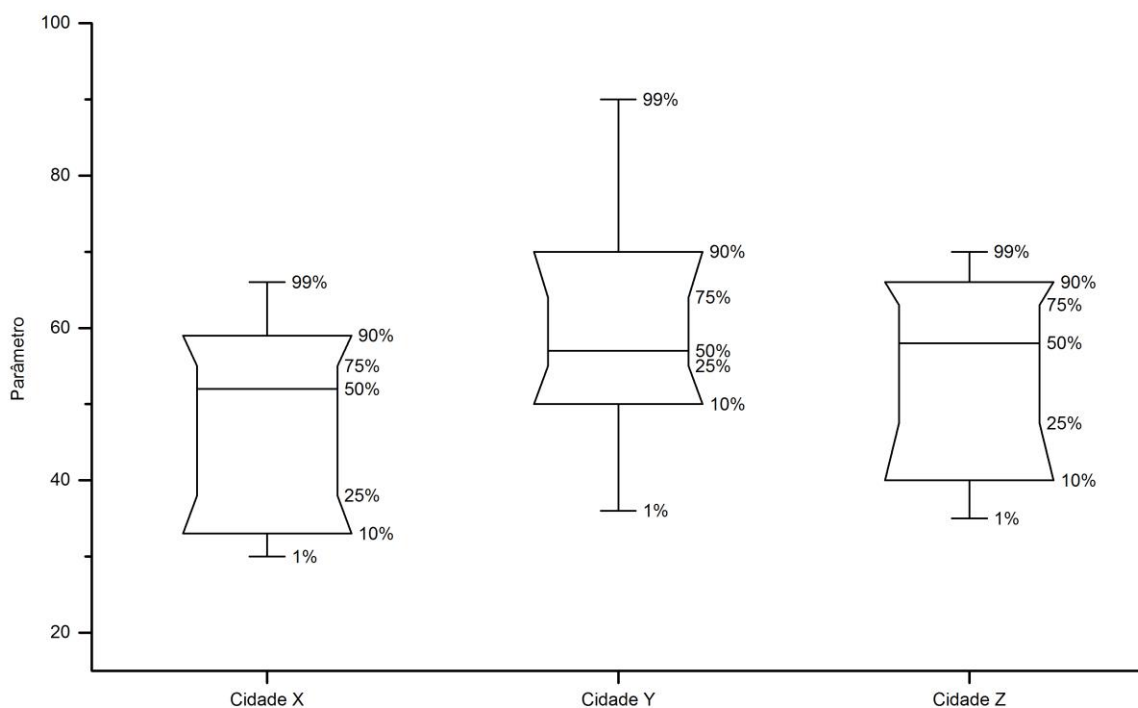


Figura 7 - Modelo - Diagrama de caixa (boxplot).

Com o diagrama de caixa também foi possível visualizar, ao plotar os dados lado a lado, se as estações monitoradas apresentaram valores em faixas equivalentes ou não.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao se trabalhar com os dados de qualidade para confecção das curvas de permanência, ordenaram-se os parâmetros de forma crescente. Ao se fazer isso, ficou evidente que alguns valores eram irreais e estavam incoerentes. Foram encontrados dados como pH's com valores fora da faixa de 0 a 14 e temperaturas extremamente altas, incoerentes com a realidade local. Estes valores foram desconsiderados.

Alguns valores de nitrogênio total e sólidos totais se apresentaram nulos ("0"). Estes dados também foram desconsiderados visto que existiria uma probabilidade muito baixa das medições serem de fato nulas (levando-se em consideração, também, as demais medições).

5.1 ANÁLISE TEMPORAL

A seguir são mostrados os gráficos de curva de permanência e de evolução dos parâmetros para a análise temporal. Destaca-se que, a partir dessas representações, podem ser feitas também análises espaciais através da comparação entre os parâmetros das estações, os quais são plotados em um mesmo gráfico.

5.1.1 Potencial Hidrogeniônico

A curva de permanência e evolução do pH são apresentadas nos Gráficos 2 e 3, respectivamente.

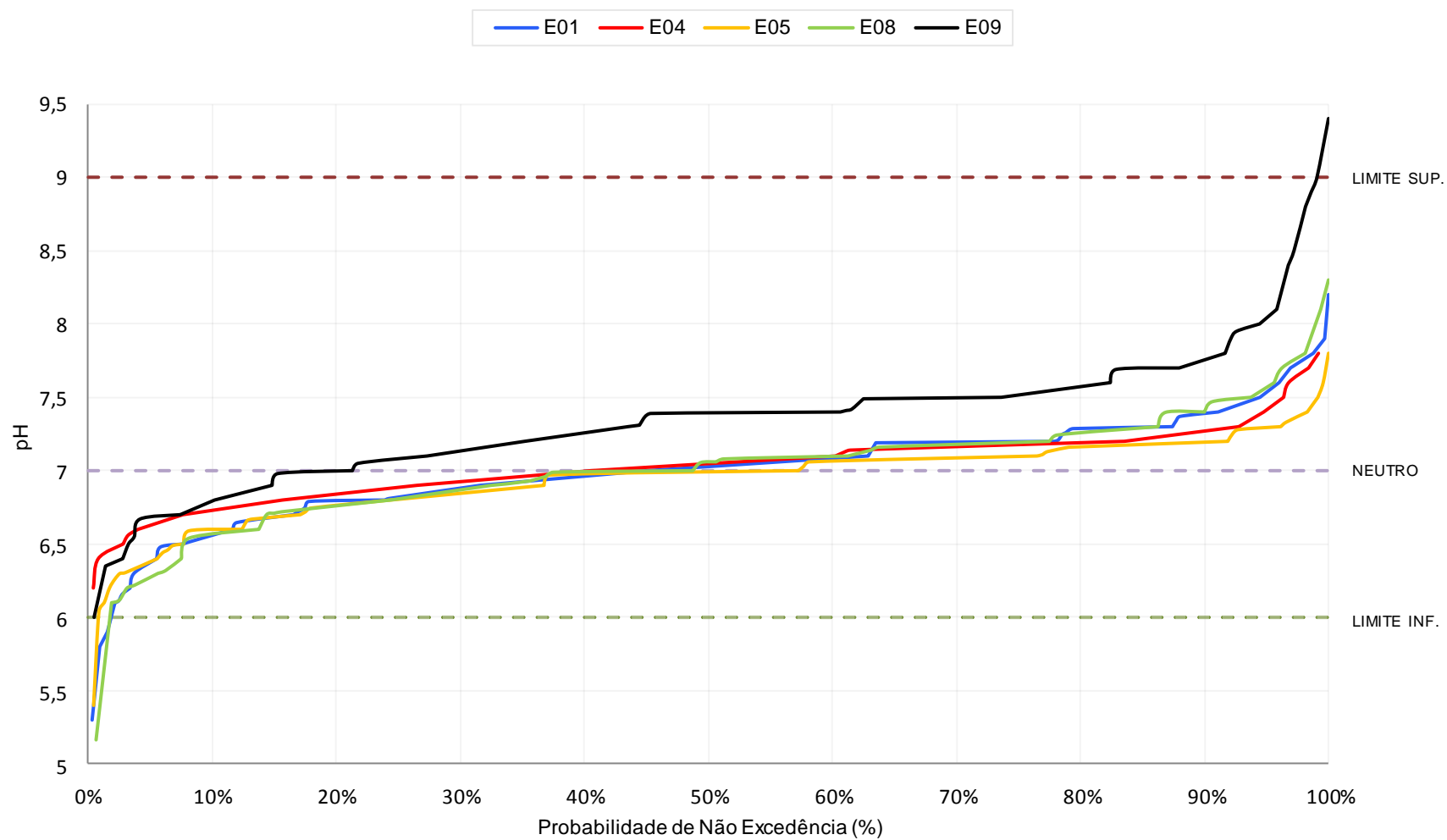


Gráfico 1 - Curvas de Permanência - pH.

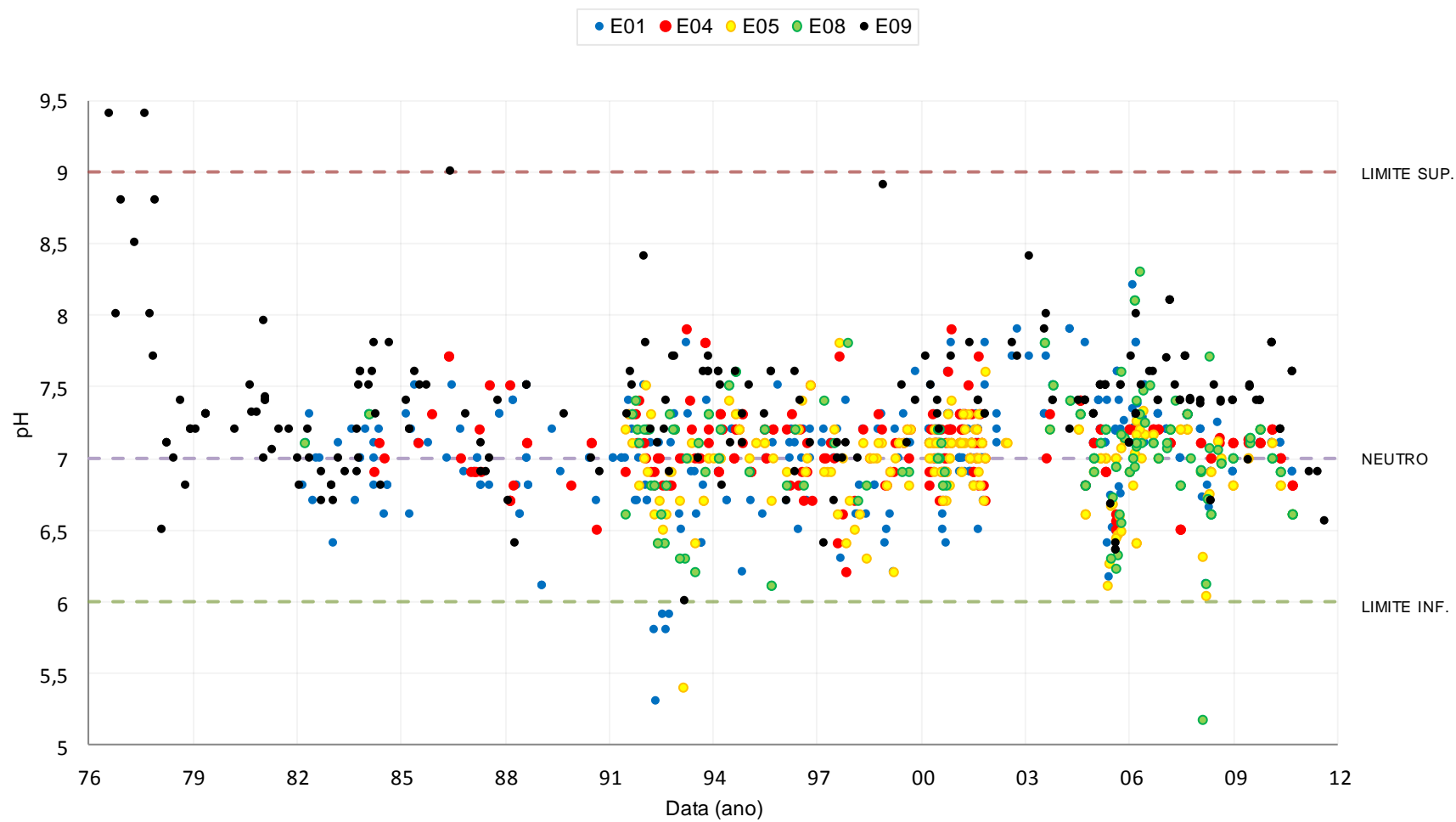


Gráfico 2 - Evolução - pH.

A partir das representações gráficas percebe-se que, de maneira geral, os valores de pH se apresentaram dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA.

A estação E04 foi a única em que não foram encontradas medições fora das faixas recomendadas.

Nos anos de 1992, 1993 e 2008, houve medições de pH abaixo de 6 nas estações E01, E05 e E08. Já em 1977 e 1976, foram medidos valores de pH acima de 9 na estação E09.

Nota-se também que a estação E09 apresenta, no geral, valores de pH mais altos (maior basicidade) quando comparada com as demais estações, o que é bastante evidente nas curvas de permanência (Gráfico 2).

Acredita-se que as primeiras estações, por serem mais próximas de regiões mais urbanizadas, recebam maior quantidade de despejo doméstico e industrial. Isso ajuda com que o pH delas seja mais baixo, fato que ocorre em decorrência da decomposição de matéria orgânica, que eleva a quantidade de dióxido de carbono.

A alcalinidade encontrada na E09 pode também ser favorecida pela dissolução de rochas (Figura 8), as quais são encontradas em abundância nos trechos de E08 a E09.



**Figura 8 - Rochas no rio Iguazu, em Porto Amazonas.
Fonte: Gazeta do Povo (2011)**

5.1.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio

A curva de permanência e a evolução da DBO são apresentadas nos Gráficos 6 e 7, respectivamente.

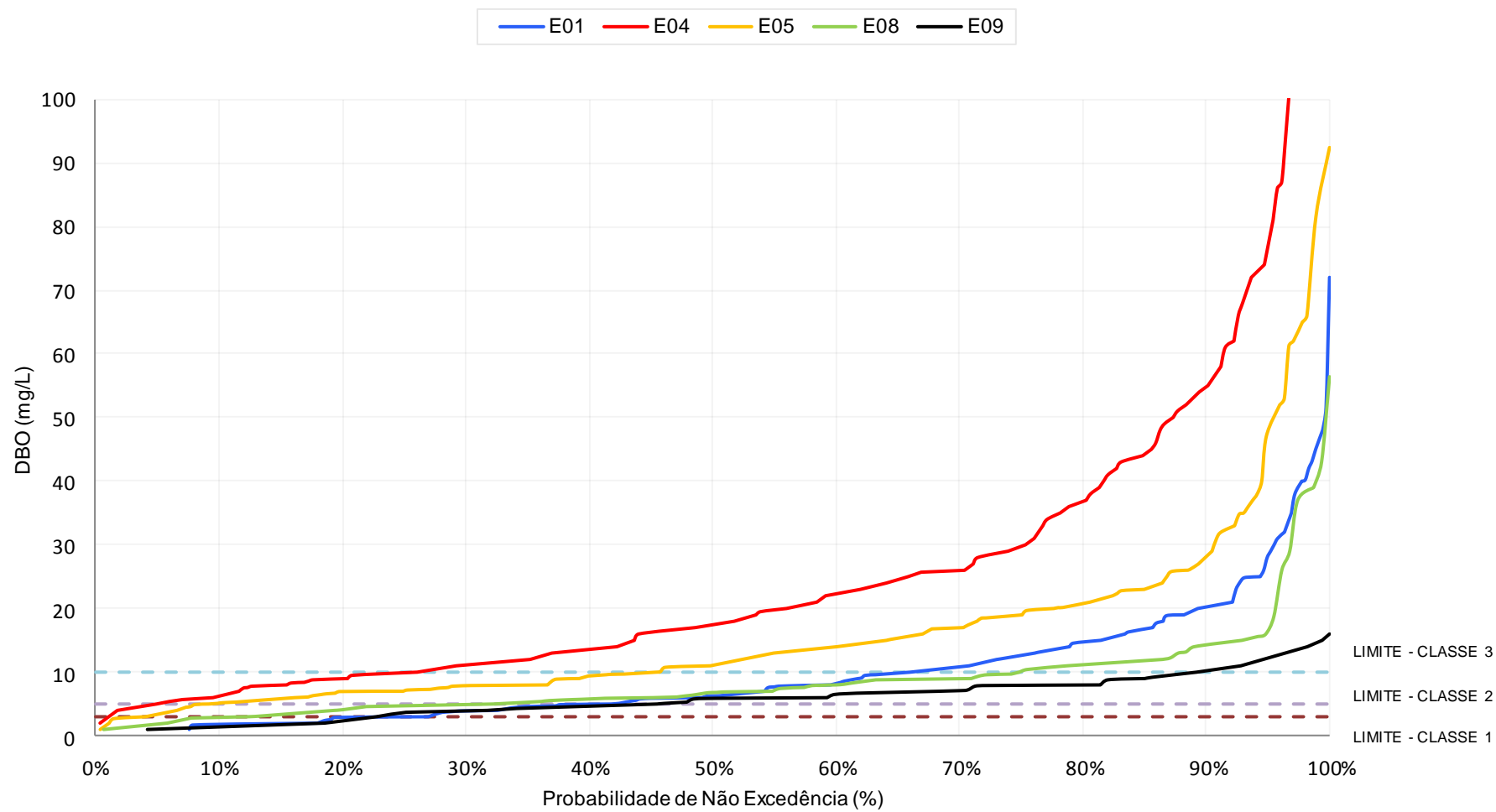


Gráfico 3 - Curvas de Permanência - DBO.

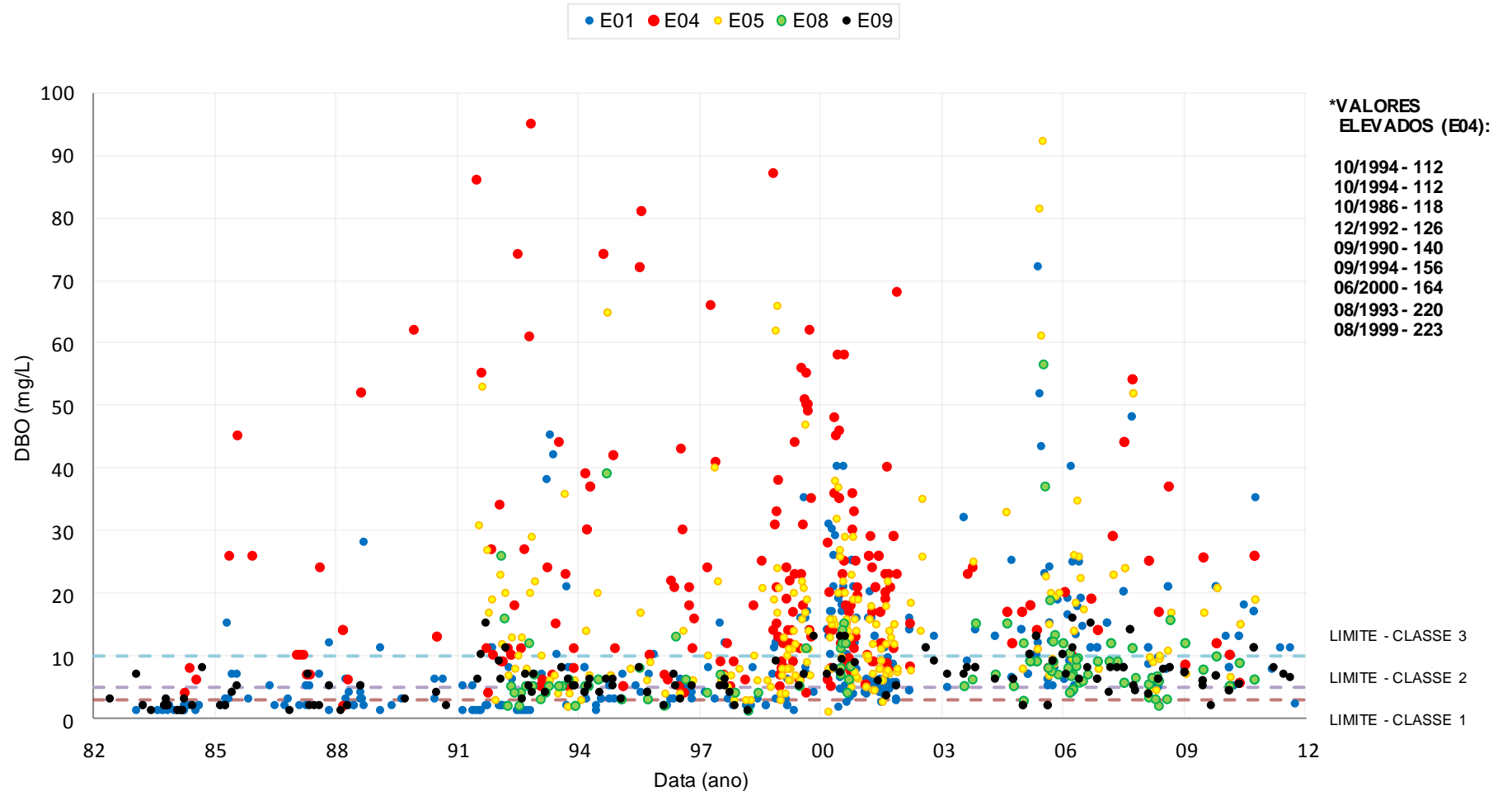


Gráfico 4 - Evolução - DBO.

As medições de DBO foram bem divergentes entre as estações. Os valores foram maiores na estação E04 e menores na E09.

É perceptível um aumento considerável do parâmetro no decorrer dos anos em todas as estações, exceto na E04. Foi na estação E01 onde o aumento foi mais expressivo. Nela, o valor médio anual era de 1,3 e 1,4 mg/L nos anos de 1983 e 1984, respectivamente. Após o ano de 2000, os valores médios já passaram a ser sempre superiores a 10 mg/L.

Foram encontrados valores muito elevados de DBO nas estações E01, E04 e E05. Na E04, algumas medições chegaram a valores quase 44 vezes maiores que o limite de DBO estabelecido para a classe do rio, que é enquadrado com classe 2.

A causa mais provável desses altos valores de DBO é o não tratamento adequado de esgoto doméstico e industrial, que é lançado em maior abundância nas áreas urbanas, lugar onde ficam as estações E1, E04 e E05 - estações com os maiores valores do parâmetro. Muitas vezes, o lançamento de efluentes não se dá diretamente no rio, mas sim em seus afluentes ou subafluentes. Os reduzidos valores de oxigênio dissolvido (no tópico seguinte) corroboram essa tese.

É muito provável que a E04, a qual apresentou os piores valores de DBO, tenha sido influenciada pela alta carga de matéria orgânica oriunda de afluentes poluídos, mais especificamente do Rio Belém (Figura 8) e do Rio Ressaca - dois dos mais poluídos da região.

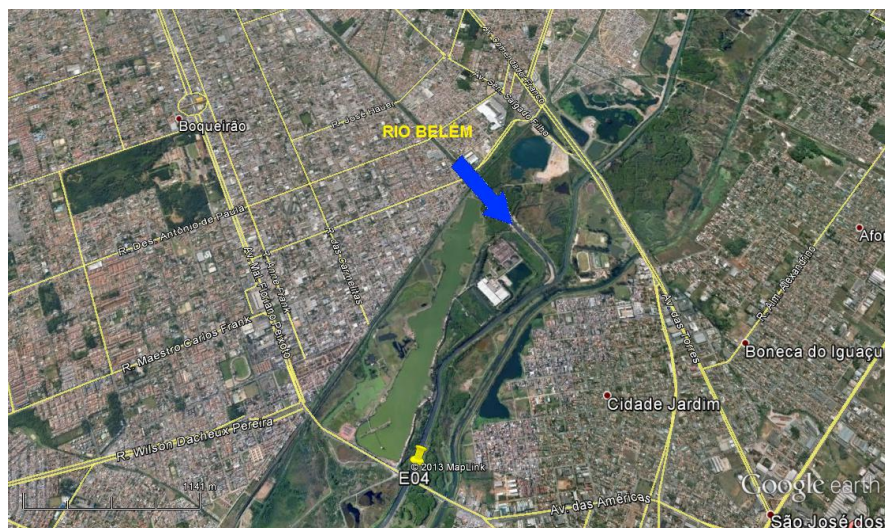


Figura 9 - Afluente Rio Belém
Fonte: Google Earth (2012)

O Rio Belém - afluente da margem direita - fica próximo à estação, como é possível ver na Figura 9. Ele foi o afluente que apresentou o maior valor médio de DBO conforme relatório de 2007, apresentado na Tabela 10 abaixo.

Tabela 10 - DBO para os afluentes do Rio Iguçu na vazão de referência Q95.

MARGEM	RIO	CONCENTRAÇÃO DE DBO (mg/L)		
		MÉDIA	MÍNIMA	MÁXIMA
DIREITA	Palmital	49	5	86
	Atuba	81	9	171
	Belém	226	10	270
	Padilha	131	10	208
	Barigui	63	6	109
	Passaúna	34	5	72
	Verde	21	4	47
	Cambuí	76	12	116
ESQUERDA	Iraizinho	34	5	69
	Piraquara	3	0	6
	Canal Paralelo	44	2	120
	Itaqui	18	3	42
	Pequeno	10	1	66
	Ressaca	158	13	272
	Maurício	11	5	28
	Mascate	75	2	167
	Pianduva	5	3	11
	Faxinal	6	5	8
	Cotia	6	4	7
	Despique	5	4	7
	Divisa	122	9	201
	Miringuava	9	2	34
	Miringuava Mirim	5	4	8
	Isabel alves	17	5	30
Das Onças	8	5	12	

Fonte: Projeto Bacias Críticas - Relatório Parcial nº 12/2006 (2007) *apud* COELHO (2013)

Dos afluentes da margem esquerda, o Rio Ressaca foi o que apresentou a média mais alta de DBO, o que também justifica os mais altos valores do parâmetro terem sido encontrados na estação E04.

Vários outros rios urbanos apresentados possuem elevados índices de DBO. Isso pode ter impacto direto quando os mesmos desaguam no Rio Iguçu.

5.1.3 Oxigênio Dissolvido

A curva de permanência e a evolução do OD são apresentadas nos Gráficos 4 e 5, respectivamente.

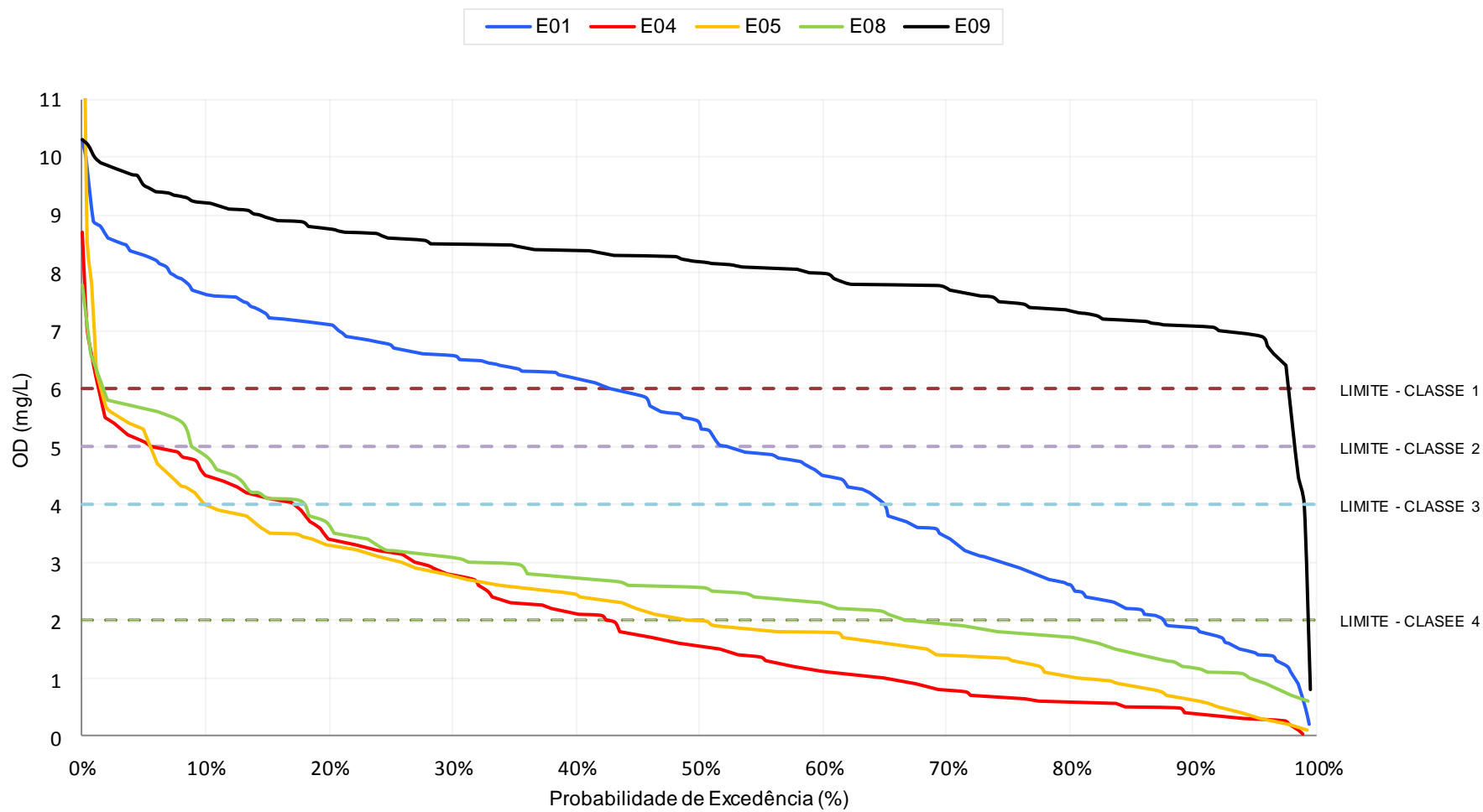


Gráfico 5 - Curvas e Permanência - OD.

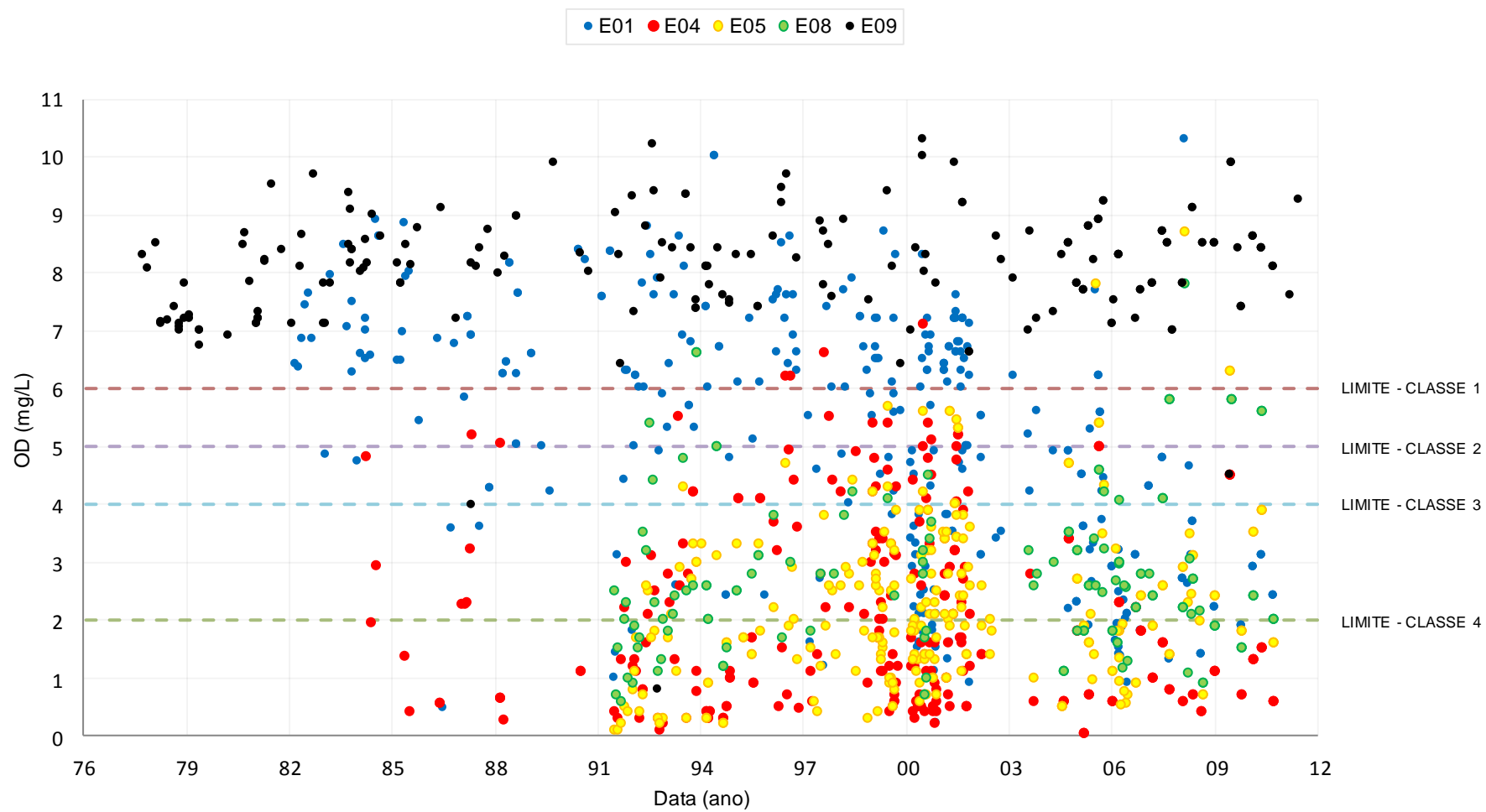


Gráfico 6 - Evolução - OD.

Os valores de Oxigênio Dissolvido também foram bastante divergentes entre as estações. Nas E04, E05 e E08, os valores foram menores, chegando muitas vezes a não se atingir sequer o limite mínimo estabelecidos para classe 4, que é a mais permissiva. As estações E01 e, em especial, a E09, apresentaram valores de OD mais satisfatórios na maior parte do tempo.

É bastante expressiva, na estação E01, a queda na concentração de oxigênio ocorrida a partir do ano 2000 - período em que também houve grande aumento na DBO. Em anos anteriores (1982 a 2000), a média das medições de OD era de 6,27 mg/L. Já em 2000, os valores caíram e a média passou a ser de 3,81 mg/L nesse ano. Nas últimas medições, no ano de 2010, a média caiu ainda mais e ficou em 2,80 mg/L no ano. Isso tudo mostra que o local do rio, que chegava a atender a limites de OD da classe 1 de sua categoria, passou a atender, no geral, apenas a classe 4 nas últimas medições realizadas.

Na estação E04, localizada à jusante de E01, também foi apresentada queda na concentração de oxigênio. É fácil perceber (pelo Gráfico 4) que, nas últimas medições desta estação, os níveis de OD não conseguiram atingir nem 2 mg/L (limite para atender a classe 4).

Sabe-se que a temperatura tem influência na solubilidade de oxigênio na água. Os maiores níveis de OD foram encontrados, em geral, nos dias com temperaturas (da água) mais baixas. Contudo, os mais baixos níveis de OD foram encontrados tanto em temperaturas mais quentes, quanto em temperaturas mais amenas.

Níveis inferiores de OD devem-se, possivelmente, à grande quantidade de matéria orgânica que chega ao rio. Ela gera um aumento na demanda de oxigênio, cuja disponibilidade já é pequena.

5.1.4 Turbidez

A curva de permanência e a evolução da turbidez são apresentadas nos Gráficos 8 e 9, respectivamente.

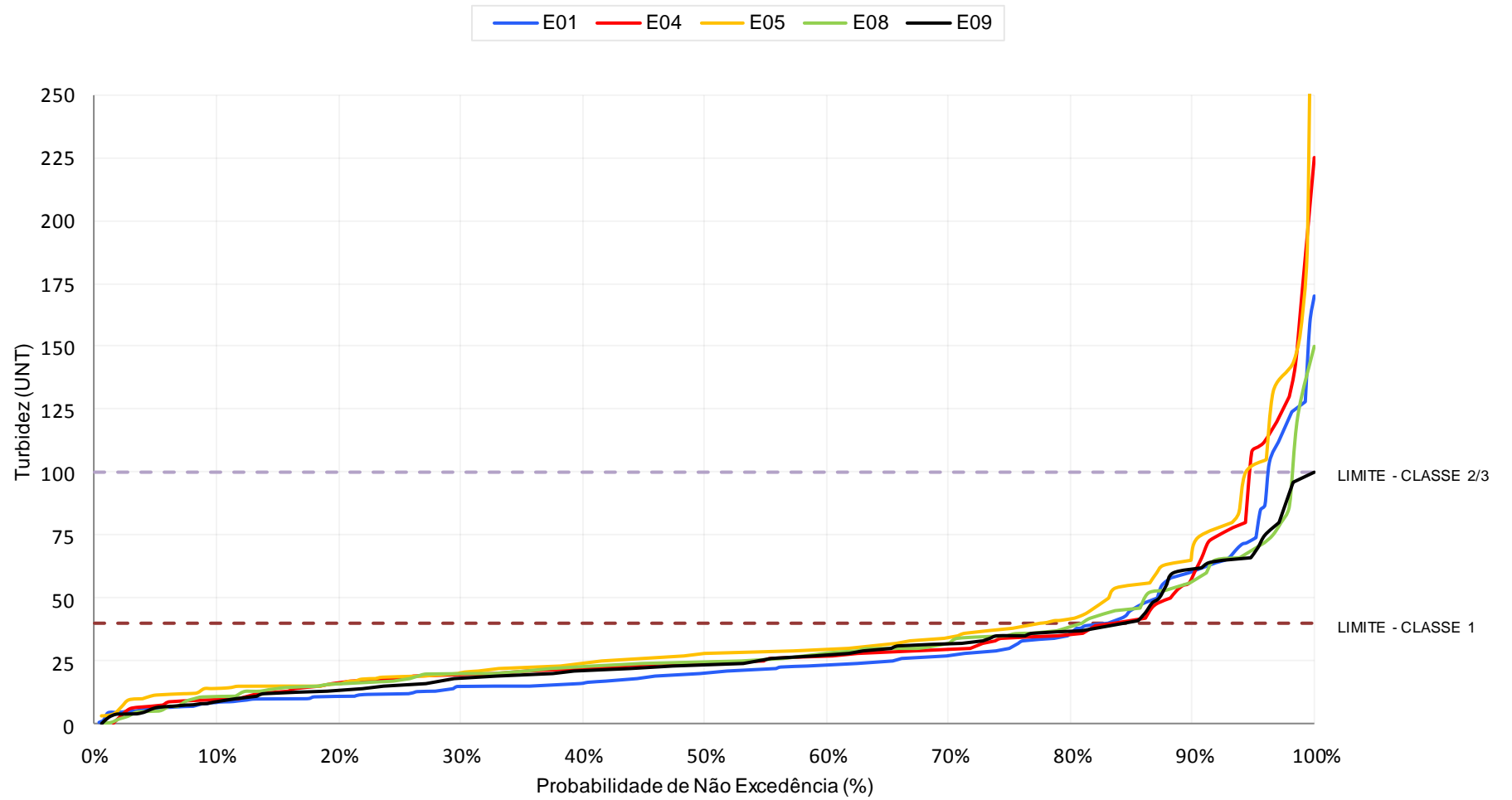


Gráfico 7 - Curva de Permanência - Turbidez.

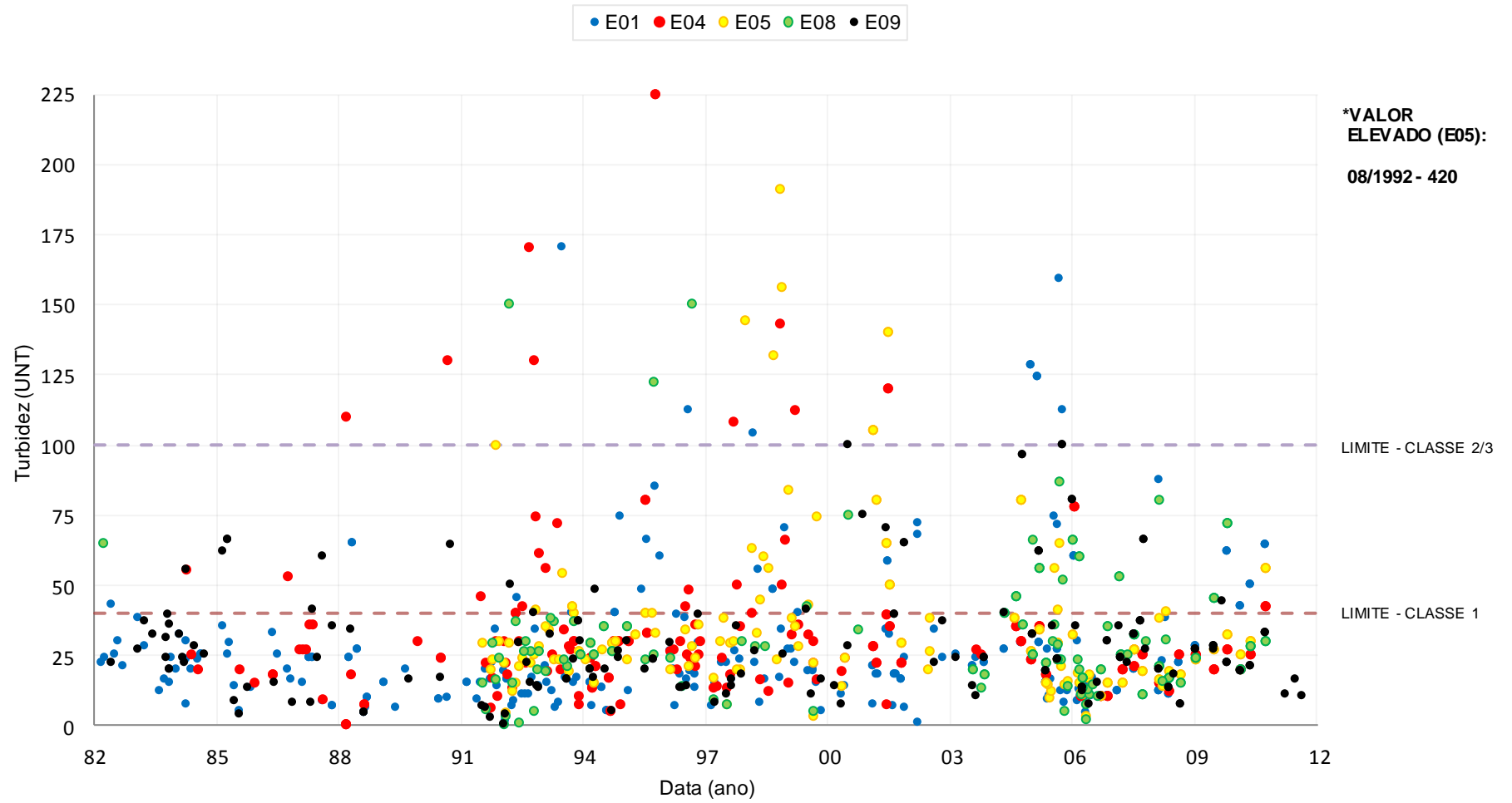


Gráfico 8 - Evolução - Turbidez.

Os valores de turbidez foram bastante aceitáveis. A permanência de todas as estações ficou acima de 94,3% para a classe do rio.

A estação E05 foi a que apresentou, na maior parte do tempo, valores ligeiramente mais altos de turbidez. Em contrapartida, a E09 foi a que obteve valores mais baixos, sendo também a única a manter todas as medições com valores de turbidez abaixo do limite para Classe 3 (100 UNT).

No Gráfico 8 (de evolução), nota-se que, por algum evento, a turbidez sofreu uma elevação em determinados anos, porém logo veio a reduzir, voltando a valores aceitáveis dentro dos limites estabelecidos para classe do rio.

5.1.5 Coliformes Fecais

A curva de permanência e a evolução dos CF são apresentadas nos Gráficos 10 e 11, respectivamente.

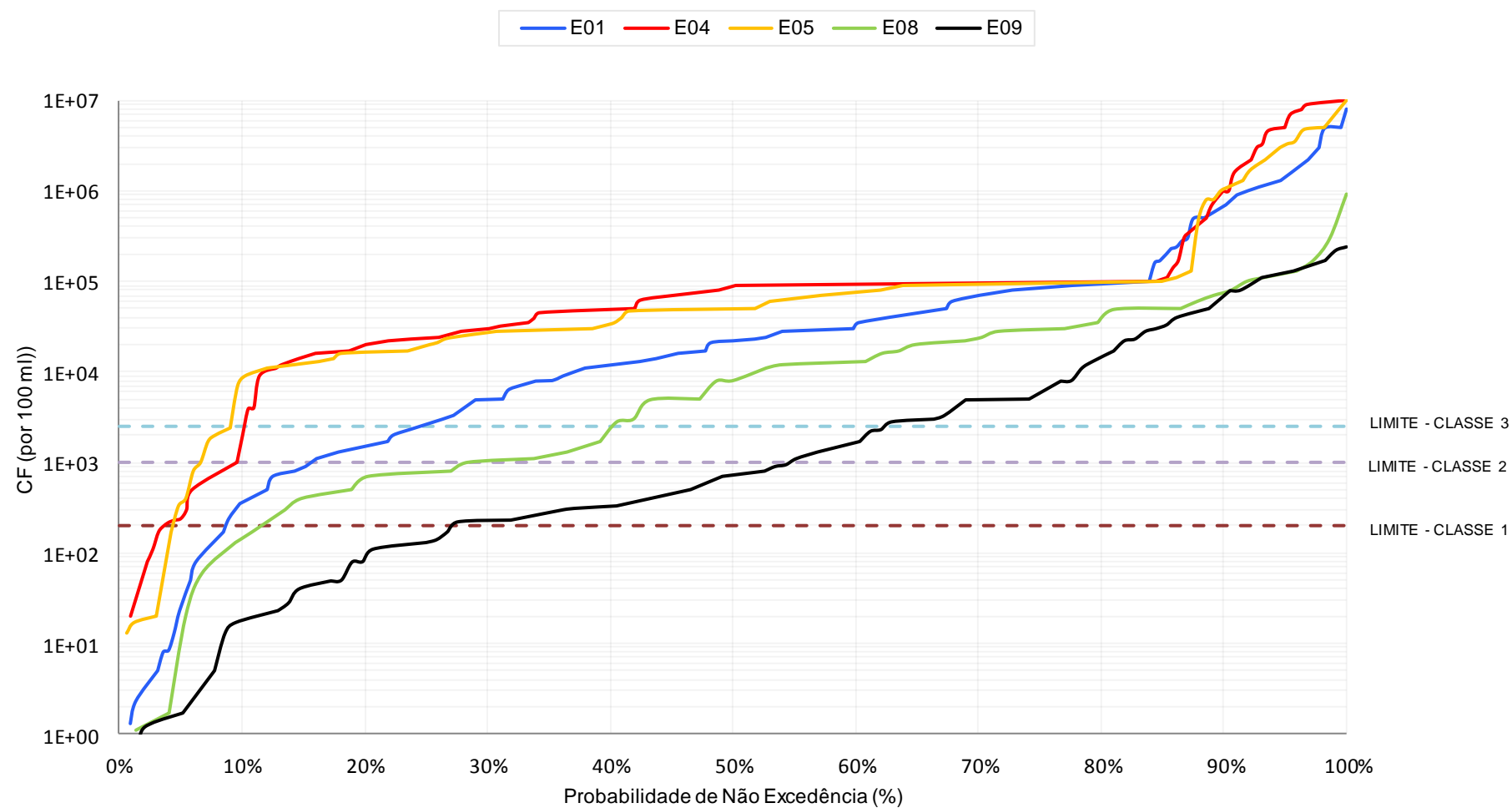


Gráfico 9 - Curvas de Permanência - CF - em escala logarítmica.

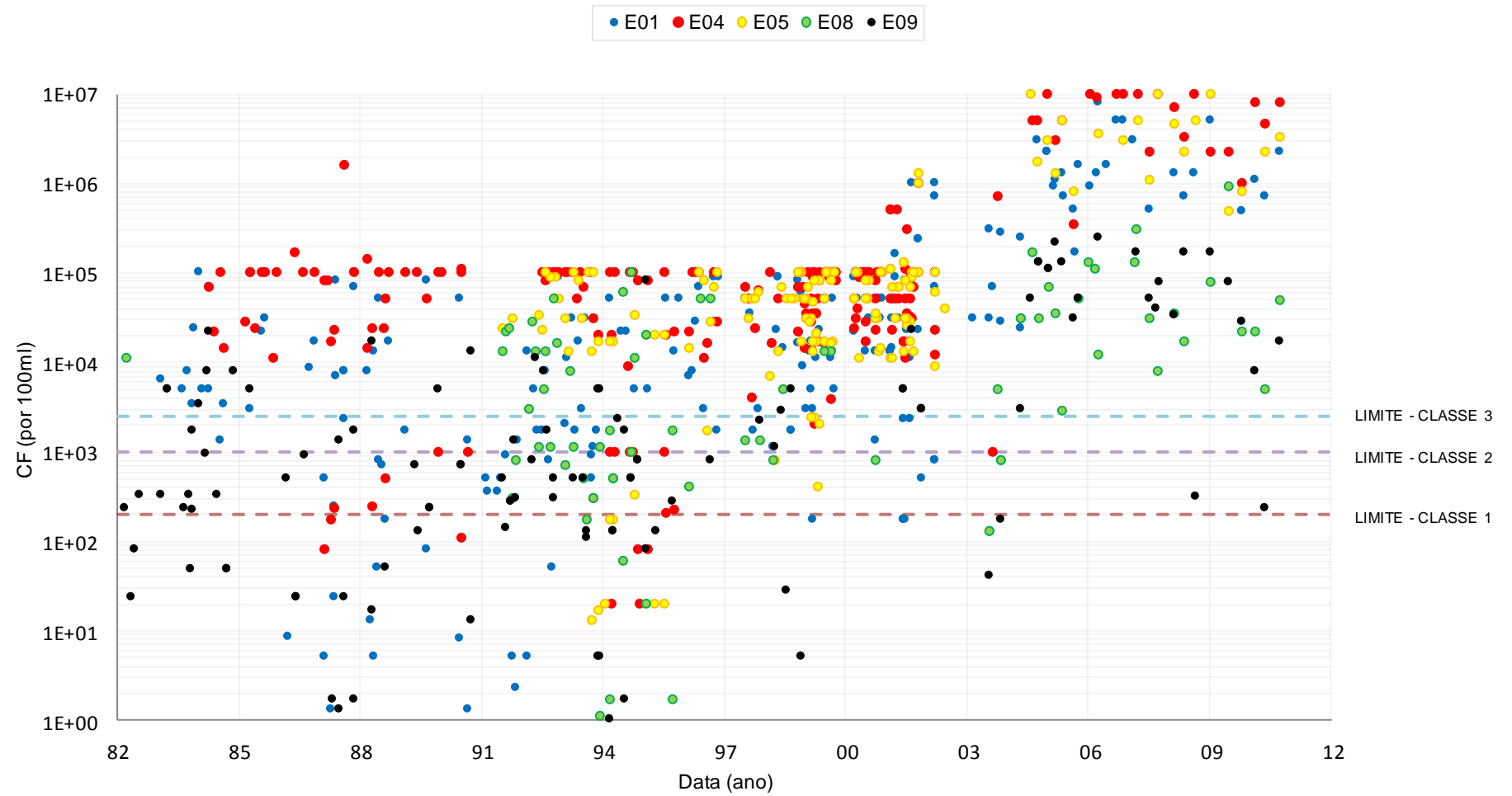


Gráfico 10 - Evolução - CF - em escala logarítmica.

Coliformes Fecais é o parâmetro que mais surpreende devido à faixa de valores alcançada nas medições. Como se mostra, foi necessário adotar escala logarítmica nos gráficos.

À primeira vista pode-se estranhar os valores, já que são extremamente altos. Contudo, estudos mostram que, de fato, é possível encontrar essas faixas de CF na região do Alto Iguaçu. Alves e Mendes (2002) encontraram valores elevados do parâmetro em regiões da capital. No Rio Barigui, por exemplo, o valor médio de coliformes foi de 2.600.000 por 100 mL em maio de 2011, com medição chegando a 50.000.000 por 100 mL.

Nas amostras estudadas no presente trabalho, foram encontrados valores de 10.000.000 de Coliformes para 100 mL de água. Esse valor é 10.000 vezes maior que o limite estabelecido para a classe do rio.

As estações com números gerais maiores de CF foram a E04 e a E05. Já a que apresentou valores menores foi a E09.

Em todas as estações houve piora no decorrer dos anos. A partir de 2001 notou-se um grande aumento de CF, que chegou a decuplicar em relação aos anos anteriores. E, novamente, a partir de 2004, os valores passaram a decuplicar em relação aos de 2001.

A concentração do parâmetro indica elevada contaminação por esgotos (maior nas áreas urbanas, pela maior densidade populacional) que é a principal fonte de coliformes fecais visto que não existe, aparentemente, outra fonte potencial, como atividades pecuárias. Os efluentes que chegam ao rio, além de aumentar os níveis de matéria orgânica, acompanham altas concentrações de coliformes fecais, que por sua vez possuem intensa correlação com doenças de veiculação hídrica.

5.1.6 Nitrogênio Total

A curva de permanência e a evolução do NT são apresentadas nos Gráficos 12 e 13, respectivamente.

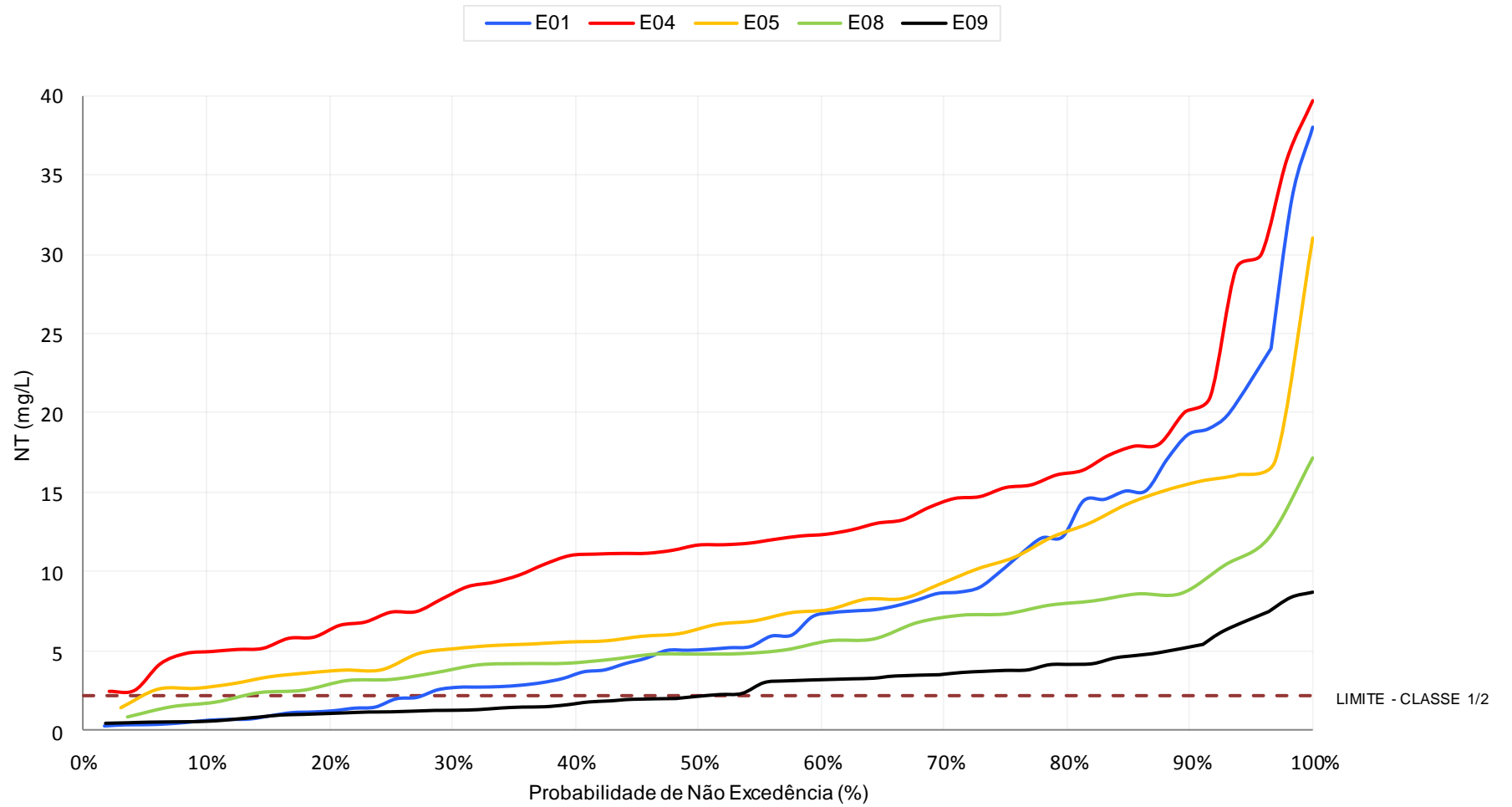


Gráfico 11 - Curvas de Permanência - NT.

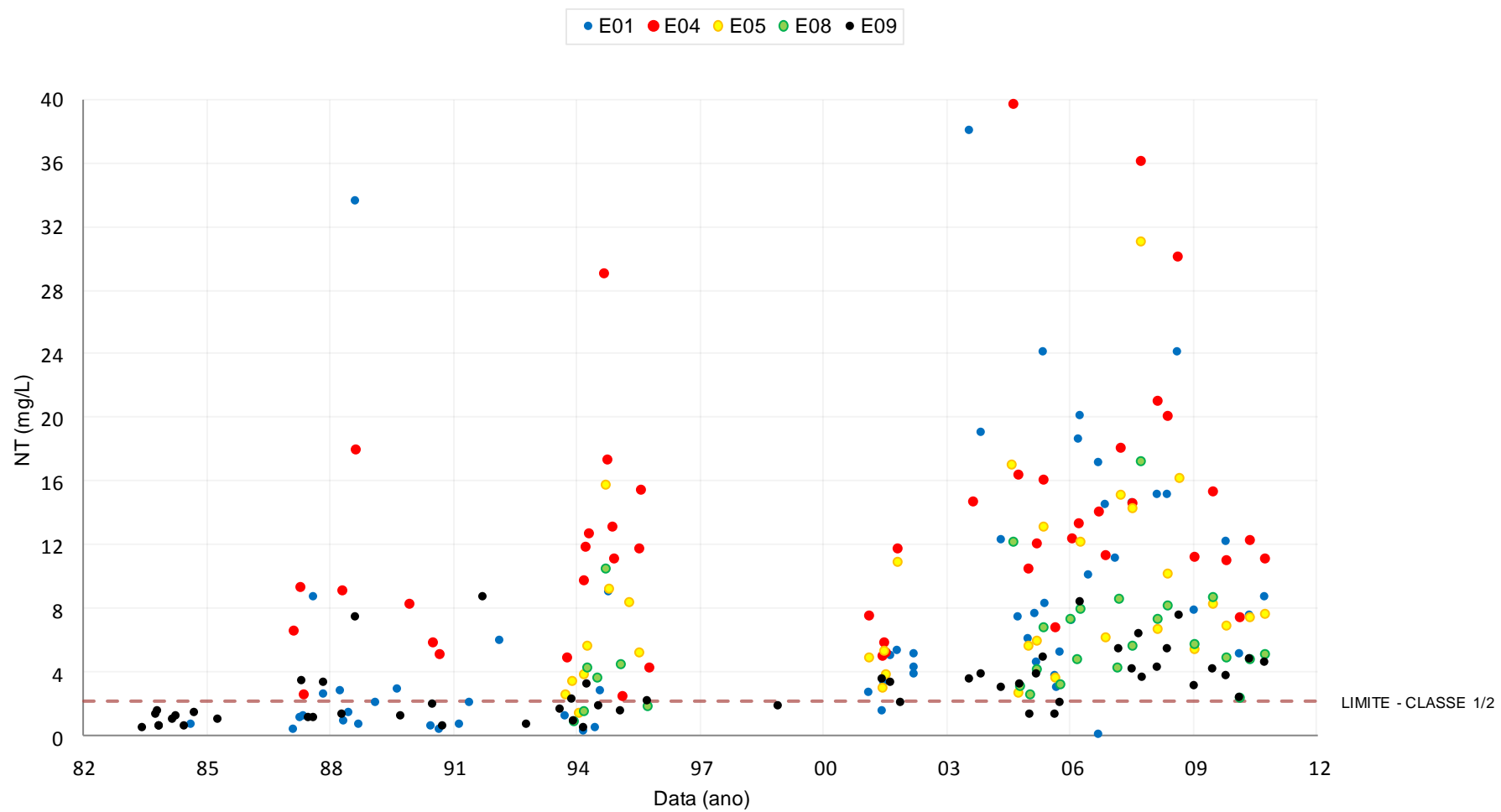


Gráfico 12 - Evolução - NT.

Na maior parte do tempo foram registrados valores acima do limite para classe do rio. Ou seja, esse parâmetro se mostrou bastante insatisfatório, sendo que a E04, por exemplo, não chegou a atingir valor algum aceitável (abaixo do limite) nas medições. Nessa estação, na E01 e na E05, foram encontrados valores muito elevados de nitrogênio total, inúmeras vezes maiores que o limite estabelecido.

Em todas as estações houve um aumento do parâmetro. Percebe-se que a E01 e a E09, que possuíam valores de NT num faixa aceitável, passaram a ter, nos últimos anos de medição, valores sempre acima do recomendado.

Os esgotos domésticos lançados devem constituir a principal fonte de nitrogênio, em especial nas regiões de maior densidade populacional. Neles se encontram proteínas e ureias, fontes potenciais de nitrogênio. Efluentes industriais também podem contribuir com descargas de nitrogênio na água. Nas áreas mais afastadas de Curitiba, tem-se maior atividade agrícola, o que possivelmente acarreta em um maior escoamento de fertilizantes pelas águas pluviais, contribuindo também para a presença de diversas formas de nitrogênio.

Conforme dados de Coelho (2013), há maiores concentrações de nitrogênio orgânico e amoniacal (formas reduzidas) nas regiões de maior densidade populacional do Rio Iguaçu. Foram constatadas também, maiores concentrações de nitrito e nitrato (forma oxidadas) em regiões mais afastadas. A partir da tabela 8, pode-se entender o que representa cada uma dessas formas de nitrogênio.

Tabela 11 - Presença do nitrogênio nas zonas de autodepuração de um rio.

Forma	Principal Zona
Orgânico	Degradação
Amoniacal	Decomposição ativa
Nitrito	Recuperação
Nitrato	Águas limpas

Fonte: CETESB (2013)

Isso também ressalta que o foco principal de poluição se dá próximo às regiões mais urbanizadas. Fora da zona urbana, as fontes maiores ficam mais afastadas, o nitrogênio total é menor - conforme mostram as curvas de permanência do presente

trabalho, além dos dados constatados por Coelho (2013) - e são encontrados maiores concentrações de nitrito e nitrato, concluindo-se assim que já há um processo de recuperação e as águas nesses pontos tendem a ser mais limpas.

5.1.7 Fósforo Total

A curva de permanência e a evolução do FT são apresentadas nos Gráficos 14 e 15, respectivamente.

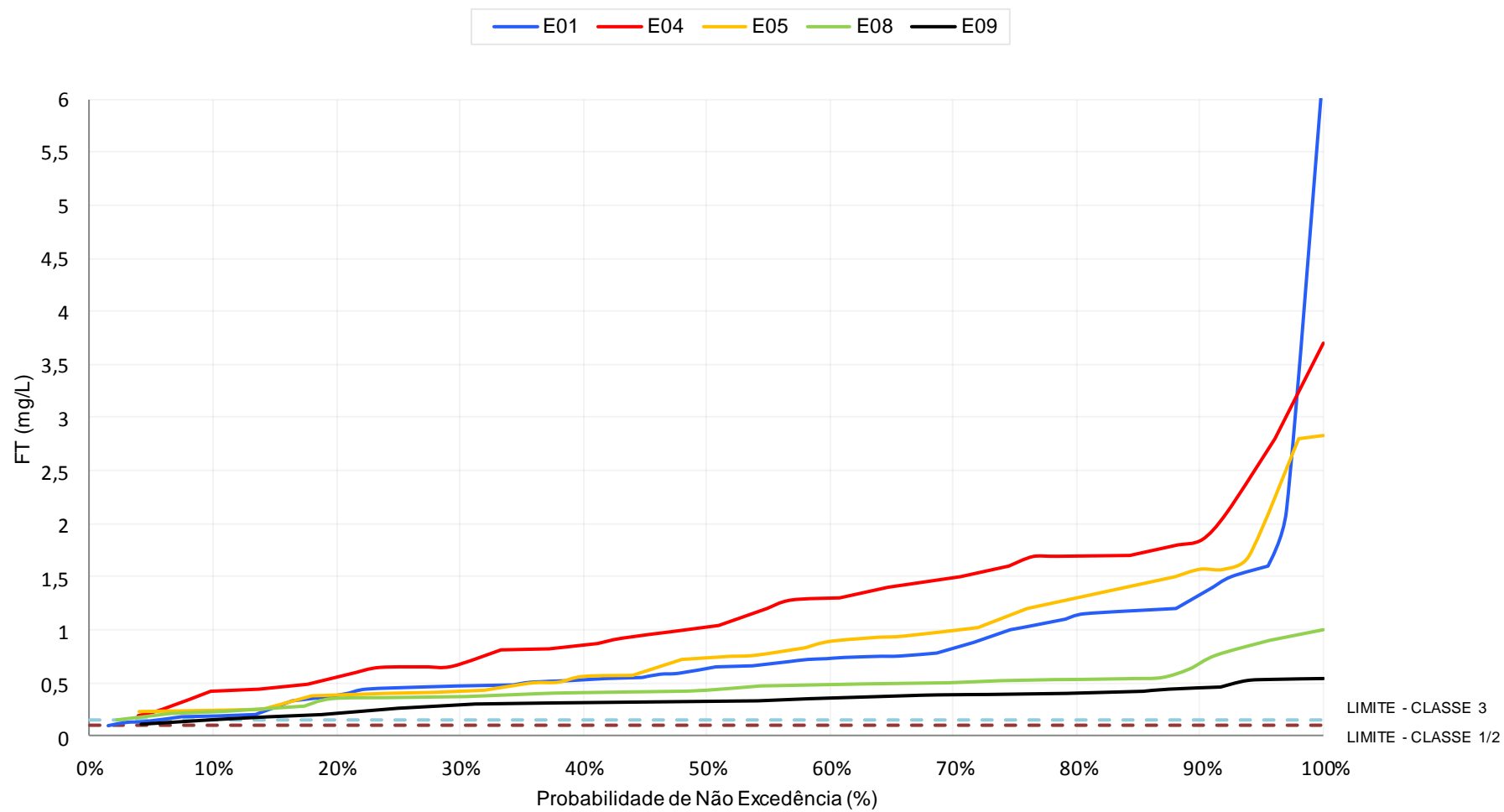


Gráfico 13 - Curvas de Permanência - FT.

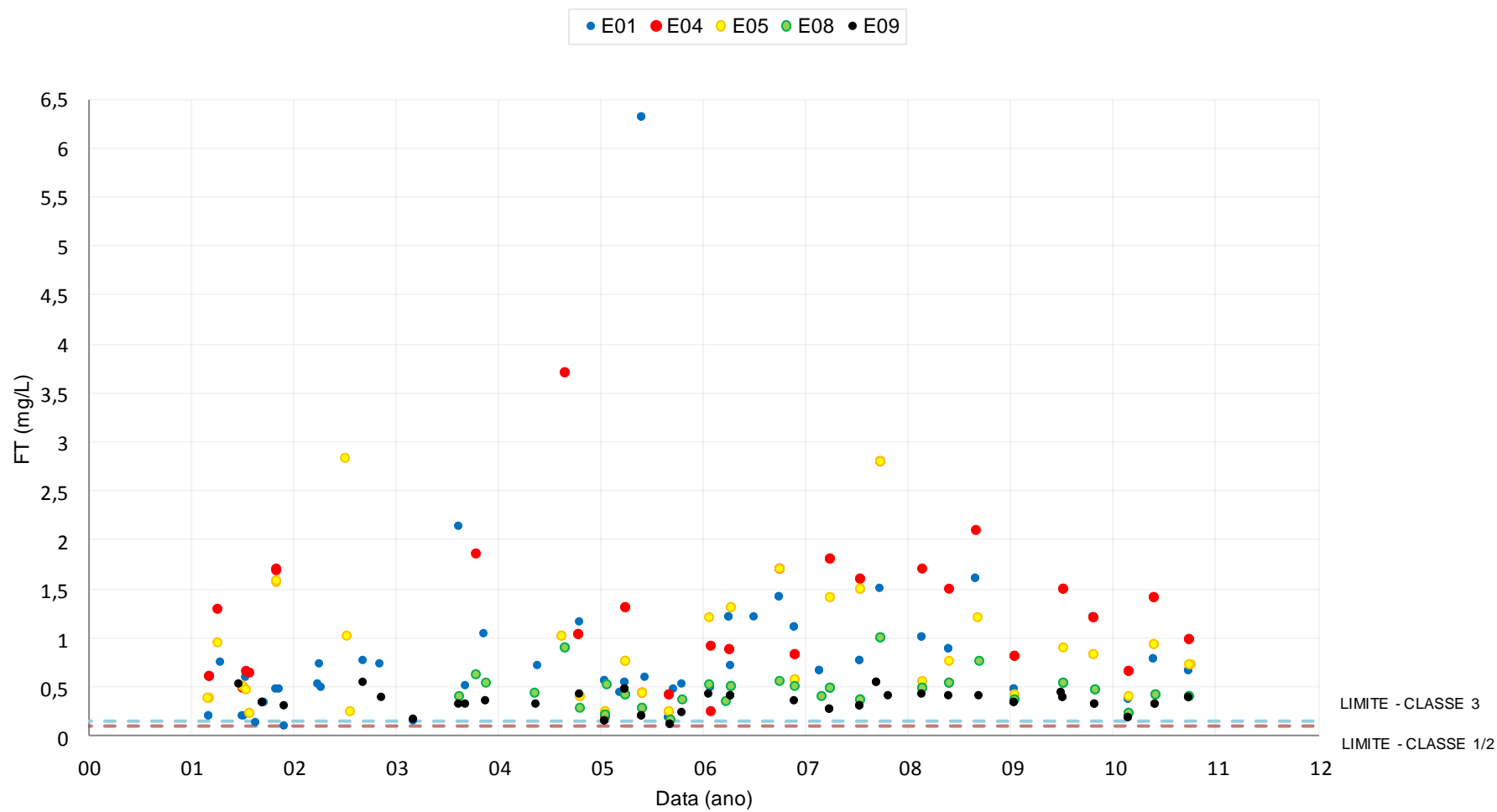


Gráfico 14 - Evolução - FT.

Fósforo Total foi o parâmetro que mais se apresentou fora dos limites estabelecidos pela resolução do CONAMA. Apenas em uma medição, que ocorreu na estação E01, em 2001, foi registrado um valor abaixo do limite de 0,1 mg/L estabelecido para classe 2.

No geral, os maiores valores de FT foram registrados na E04, enquanto os menores, na E09.

As altas concentrações de fósforo no rio Iguaçu ocorrem, muito provavelmente, pelas descargas de esgotos sanitários que, como já se sabe, são maiores nas estações à montante, o que justifica os elevados níveis de FT encontrados nestas. A matéria orgânica fecal e os detergentes em pó empregados em larga escala domesticamente constituem fontes potenciais. Eventuais efluentes industriais, como os de industriais químicas e alimentícias presentes na bacia, podem contribuir, uma vez que costumam apresentar efluente com fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem contribuir para a presença excessiva de fósforo no rio.

5.1.8 Sólidos Totais

A curva de permanência e a evolução dos ST são apresentadas nos Gráficos 16 e 17, respectivamente.

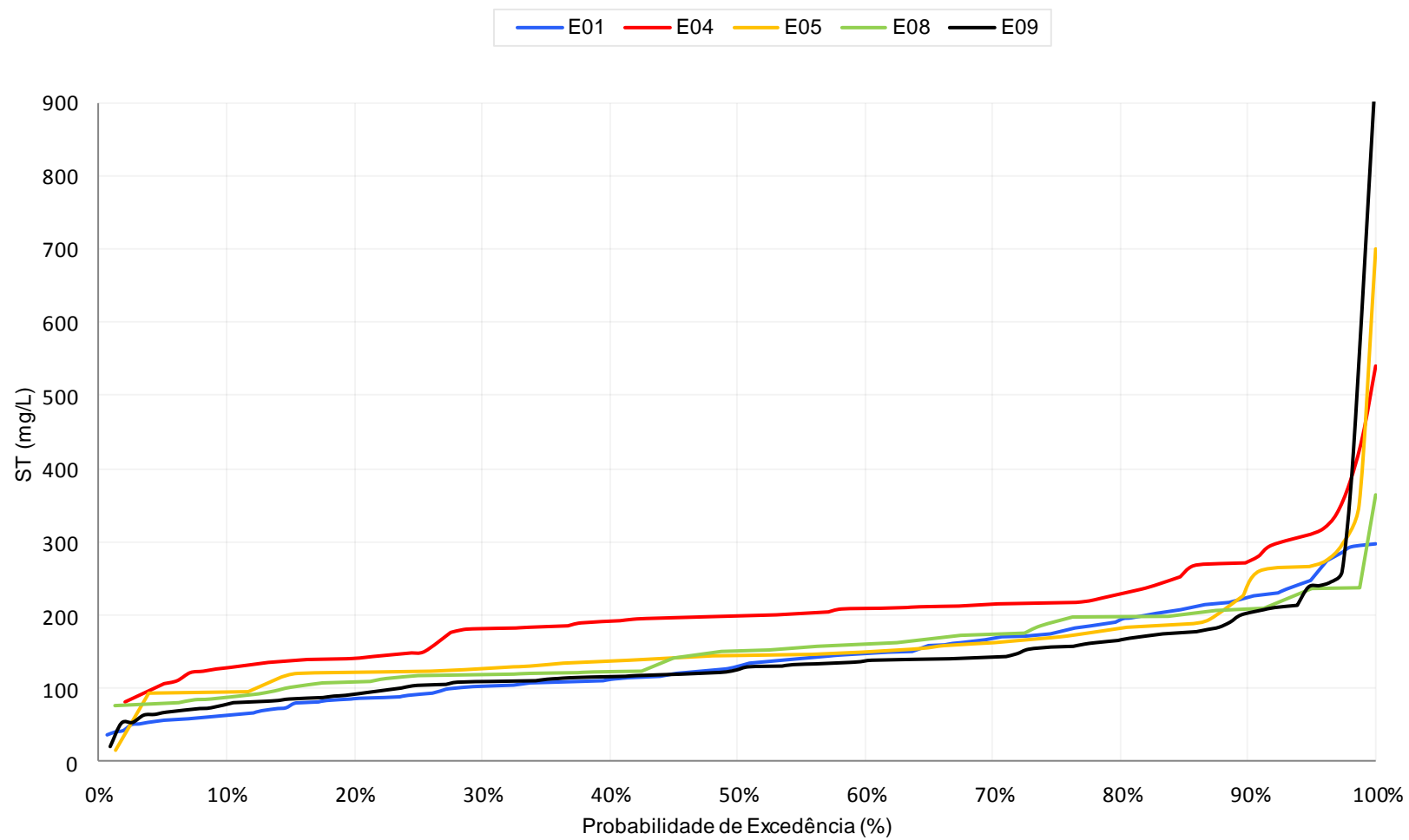


Gráfico 15 - Curvas de Permanência - ST.

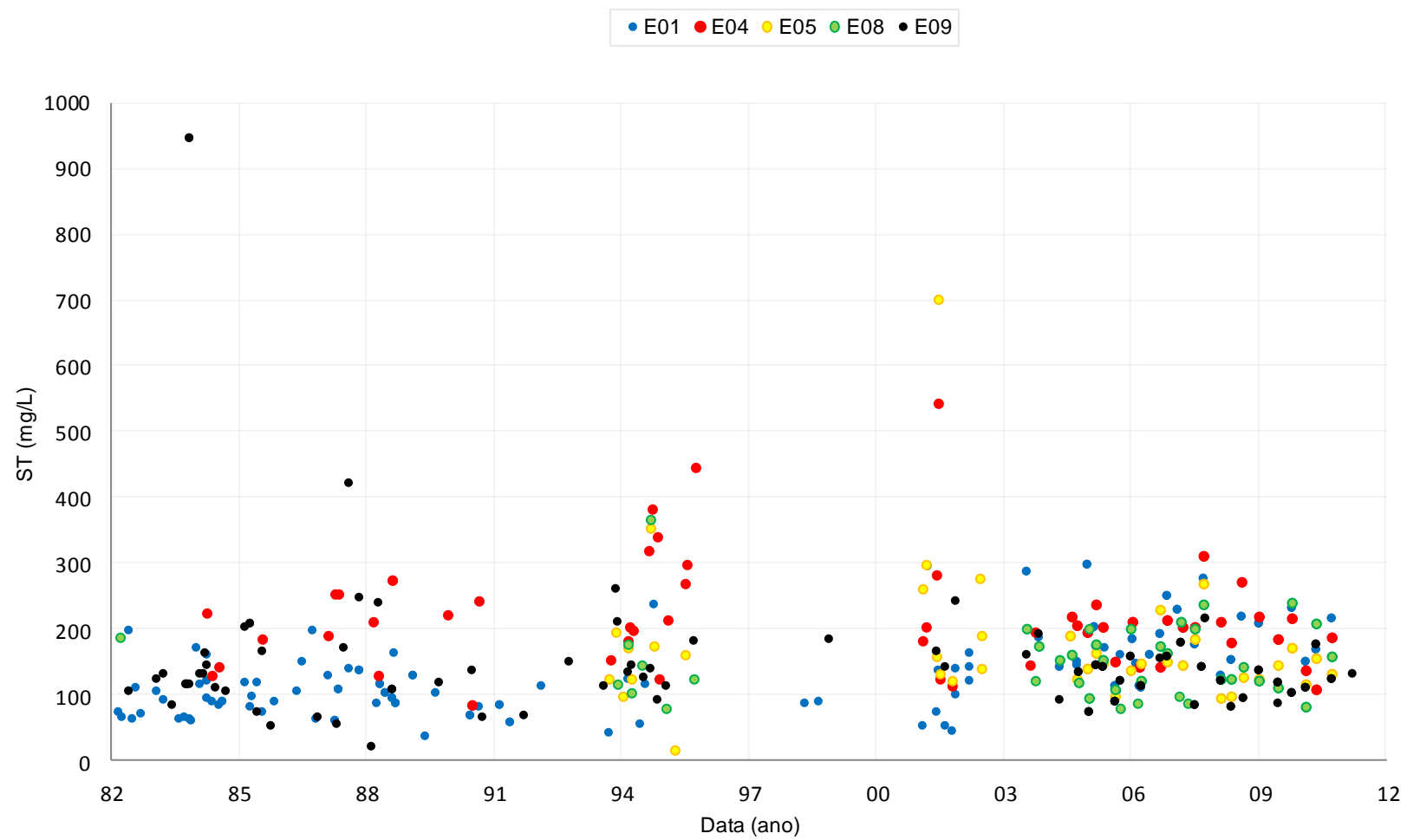


Gráfico 16 - Evolução - ST.

É mais complicado de chegar a uma conclusão para os sólidos totais visto que não existe na resolução 357/2005 do CONAMA nenhuma restrição específica para esse parâmetro. Entretanto, pode-se afirmar que os valores aparentam estar em níveis satisfatórios uma vez que, nessa mesma resolução, é tido como valor máximo para Sólidos Dissolvidos Totais, 500 mg/L, e sabe-se que os Sólidos Totais contemplam esse parâmetro (SDT).

Nota-se que foram encontrados valores mais altos de ST na E04 e mais baixos na E09. Contudo, as medições na maior parte das estações não apresentaram grandes discrepâncias.

5.1.9 IQA

A evolução do IQA é apresentada no Gráfico 18.

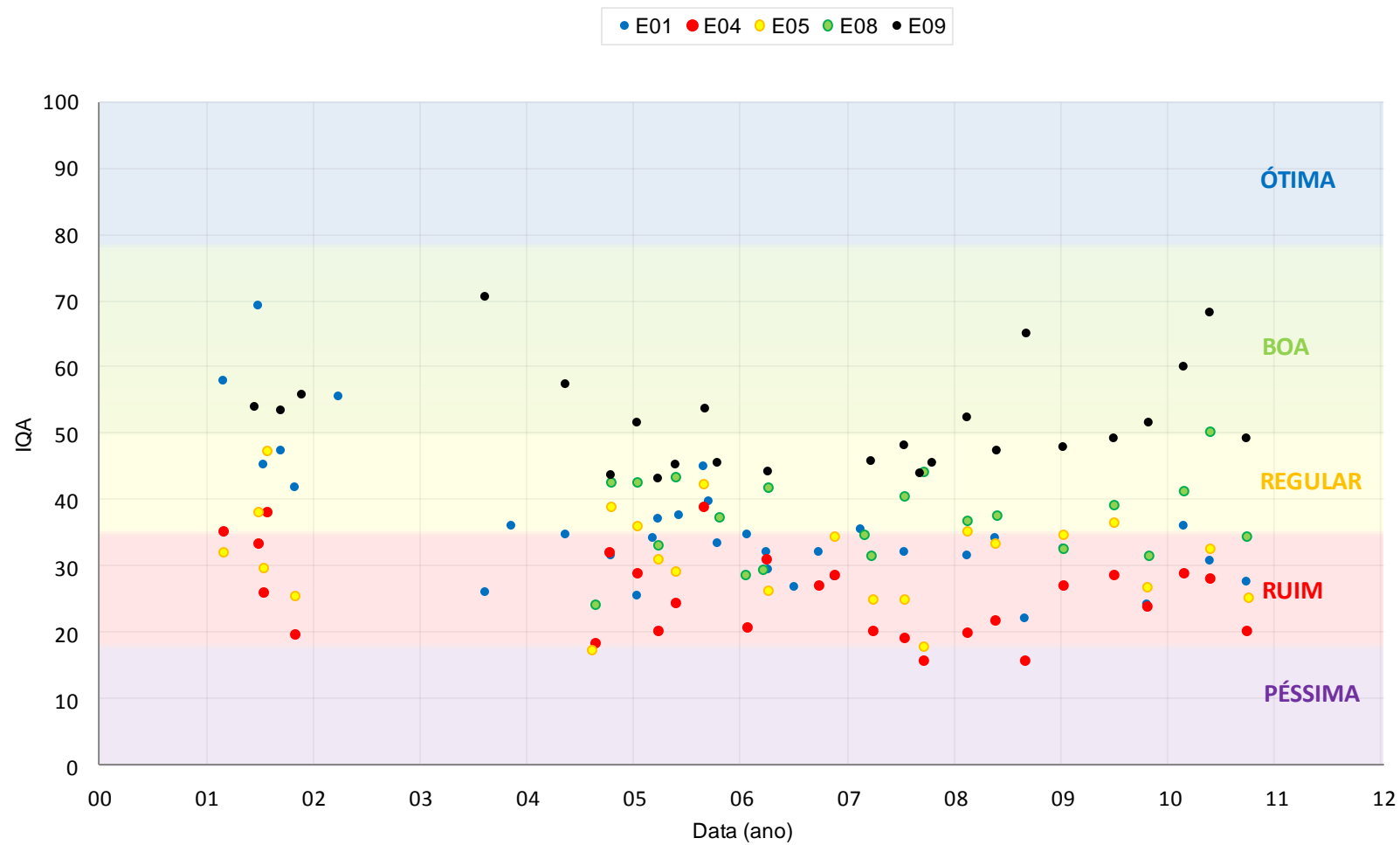


Gráfico 17 - Evolução - IQA.

O cálculo do IQA ficou bastante comprometido devido à falta de dados de NT e, principalmente, de FT em anos mais antigos. Entretanto, como apresentado no Gráfico 18, foi possível obter o índice nos anos de 2001 a 2011.

O IQA, que engloba todos os nove parâmetros já citados, representa um panorama geral da qualidade da água. Os números obtidos mostram que a qualidade nas estações E01, E04, E05 e E08 foram “ruins” na maior parte do tempo. Já na estação E09, os números obtidos foram maiores e qualidade ficou entre “regular” e “boa”.

Pelo Gráfico 18, tem-se que os valores de IQA não sofreram grandes variações no passar dos anos, exceto na E01, onde a qualidade passou de “boa”/“regular” para “ruim”.

Se comparados os dados do IQA calculados com os dados de AIQA apresentados no relatório do IAP (apresentados na Tabela 6, p. 34), medidos de 2005 a 2009, percebe-se que a qualidade da água em Curitiba e São José dos Pinhais foi classificada, de maneira geral, como “ruim” no primeiro (IQA), e “muito poluída” no segundo (AQIA). Em Balsa Nova, o IQA ficou entre “ruim” e “regular”, enquanto o AIQA “muito poluído”. Já em Porto Amazonas, o IQA ficou entre “regular” e “bom” enquanto o AIQA “poluído”.

Isso mostra que avaliação feita pelo método do AIQA é mais rigorosa ao classificar a qualidade da água. Ela atentou a um número maior de parâmetro, muitos os quais violaram os limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005, como fenóis, chumbo, cobre, níquel e outros. Por outro lado, a avaliação pelo IQA e AIQA se mostrou parecida no sentido de que, em ambos os métodos, percebe-se que a qualidade da água piora ao entrar nos trechos da cidade de Curitiba e região, e melhora progressivamente ao sair da mesma.

5.2 PERMANÊNCIA DOS PARÂMETROS NOS LIMITES DO CONAMA

A seguir é apresentada a permanência dos parâmetros nos limites de cada classe de água doce, ou seja, um resumo do conteúdo das curvas de permanência já expostas.

Tabela 12 - Permanência dos parâmetros nos padrões da Resolução Nº 357/2005, CONAMA, para classes de água doce.

	Parâmetro	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
E01	pH	98,47%	98,47%	98,47%	98,47%
	Turbidez	83,09%	95,96%	95,96%	-
	DBO	26,97%	41,85%	66,01%	-
	OD	42,73%	52,23%	64,99%	87,83%
	CF	8,48%	15,18%	23,66%	-
	NT	27,12%	27,12%	-	-
	FT	1,49%	1,49%	4,48%	-
E04	pH	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	Turbidez	83,59%	94,36%	94,36%	-
	DBO	0,35%	4,93%	26,06%	-
	OD	1,85%	5,54%	17,71%	43,17%
	CF	3,20%	5,94%	10,05%	-
	NT	0,00%	0,00%	-	-
	FT	0,00%	0,00%	0,00%	-
E05	pH	99,57%	99,57%	99,57%	99,57%
	Turbidez	77,53%	94,38%	94,38%	-
	DBO	4,03%	9,16%	45,42%	-
	OD	1,90%	6,08%	9,89%	49,05%
	CF	4,19%	6,59%	8,98%	-
	NT	3,03%	3,03%	-	-
	FT	0,00%	0,00%	0,00%	-
E08	pH	99,38%	99,38%	99,38%	99,38%
	Turbidez	80,95%	97,96%	97,96%	-
	DBO	12,26%	32,26%	74,84%	-
	OD	2,04%	8,84%	18,37%	66,67%
	CF	10,81%	28,38%	39,19%	-
	NT	10,71%	10,71%	-	-
	FT	0,00%	0,00%	2,17%	-
E09	pH	99,01%	99,01%	99,01%	99,01%
	Turbidez	85,55%	100,00%	100,00%	-
	DBO	22,75%	45,51%	89,22%	-
	OD	98,51%	98,51%	99,01%	99,50%
	CF	26,72%	54,31%	62,07%	-
	NT	50,00%	50,00%	-	-
	FT	0,00%	0,00%	8,33%	-

A permanência da maior parte dos parâmetros ficou baixa em relação à classe 2, na qual o rio é enquadrado. Os altos valores de FT e os baixos índices de OD impossibilitariam o rio até mesmo de ser enquadrado como Classe 3 ou Classe 4.

As violações ocorridas para classe 2 são muito parecidas com as apresentadas no relatório do IAP de 2009 (TABELA 6, p. 34). Nota-se apenas que o limite de turbidez, que sempre foi respeitado em Porto Amazonas (E09) pelas séries históricas (de 1987 a 2011), foi violado nas medições do IAP (feitas entre 2005 e 2009).

É possível notar também que, apesar dos parâmetros do IQA e AIQA apontarem melhor qualidade da água em Porto Amazonas, isso não significa que a classe do rio seja superior na região, uma vez há violação nos limites de chumbo, cobre e níquel.

5.3 ANÁLISE ESPACIAL

A seguir são apresentados, em sequência, os diagramas de caixa (boxplot) para os parâmetros de pH (Figura 10), DBO (Figura 11), OD (Figura 12), Turbidez (Figura 13), CF (Figura 14), NT (Figura 15), FT (Figura 16), ST (Figura 17) e IQA (Figura 18).

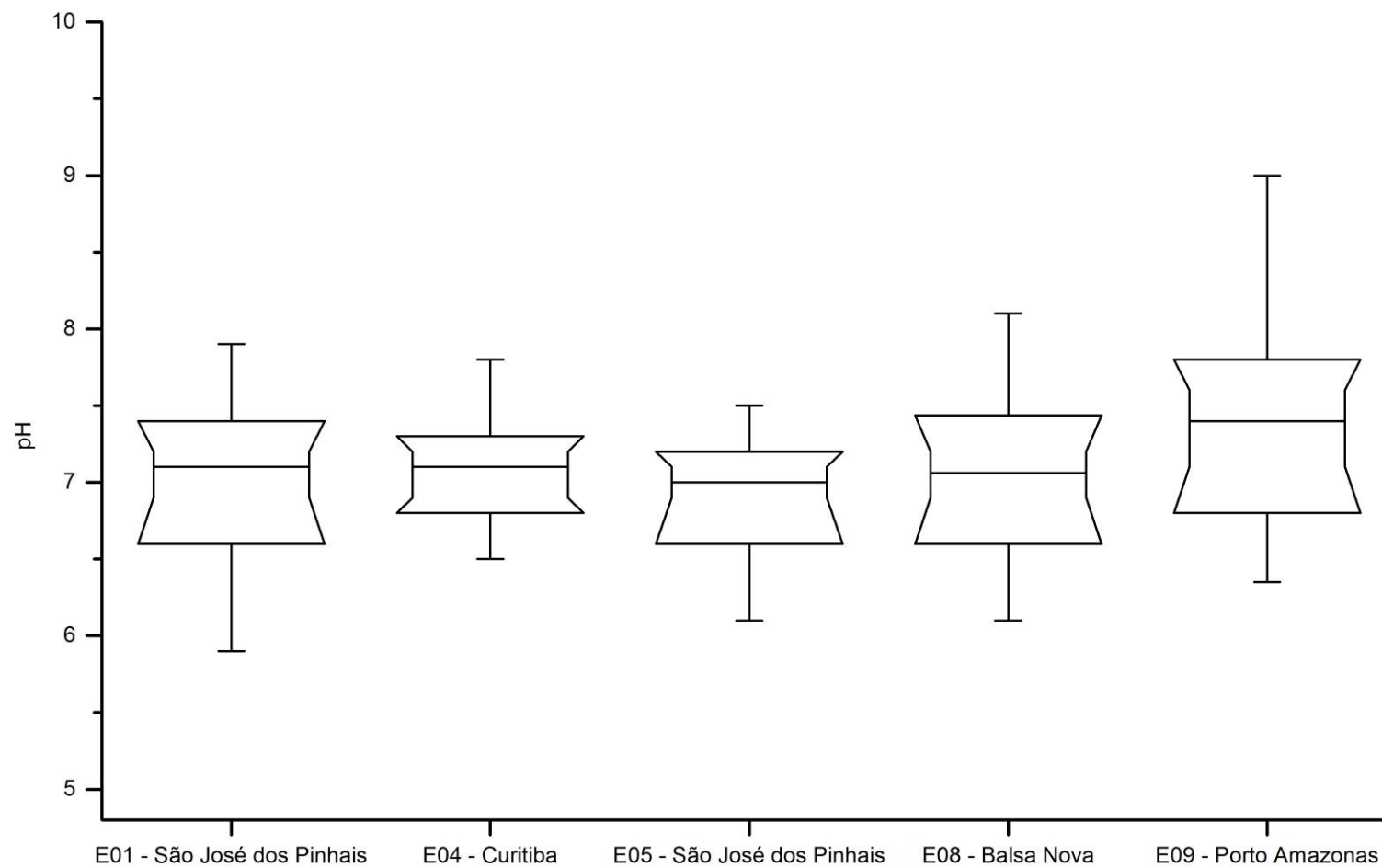


Figura 10 - Diagrama de caixa (Boxplot) - pH.

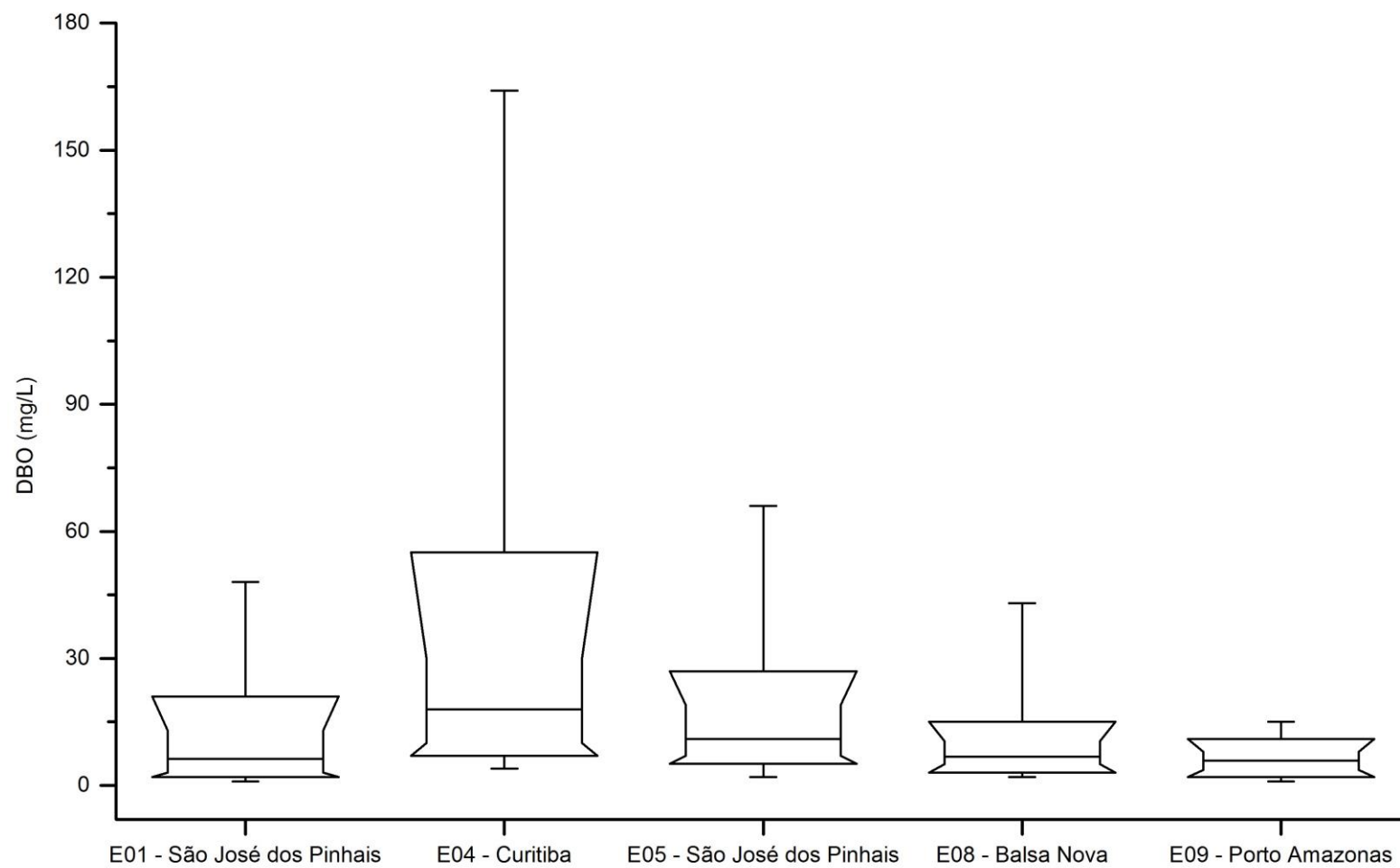


Figura 11 - Diagrama de caixa (Boxplot) - DBO.

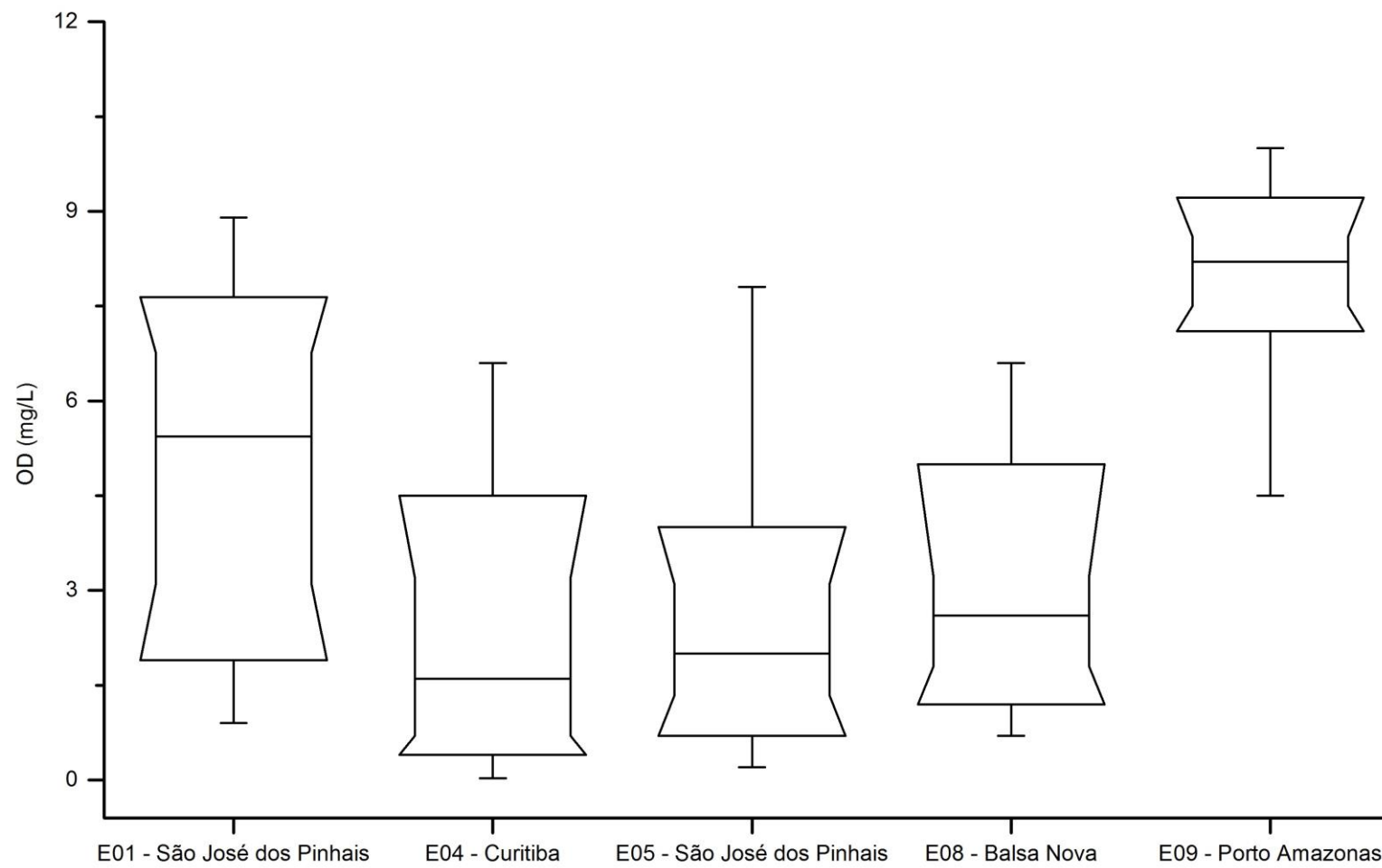


Figura 12 - Diagrama de caixa (Boxplot) - OD.

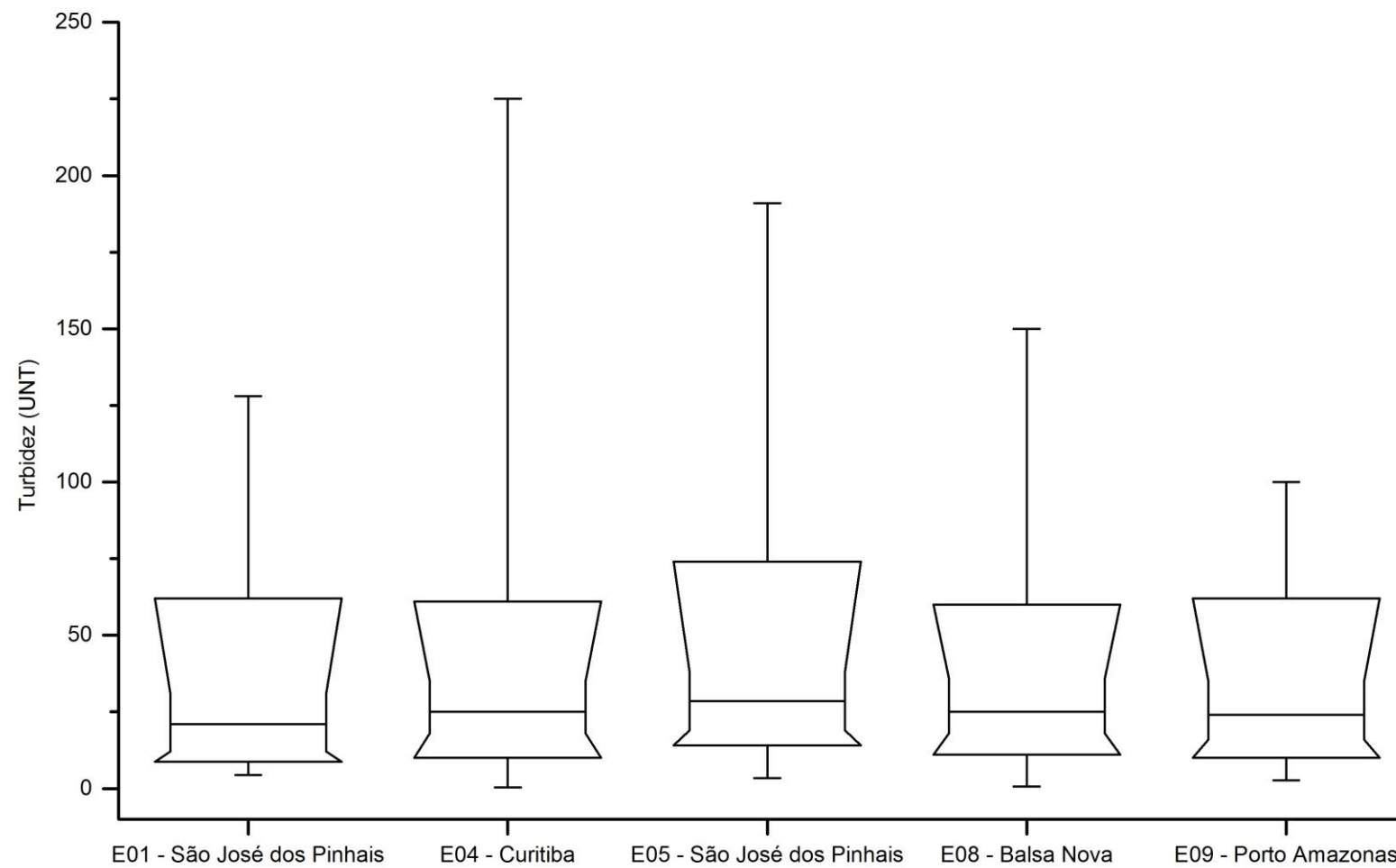


Figura 13 - Diagrama de caixa (Boxplot) - Turbidez.

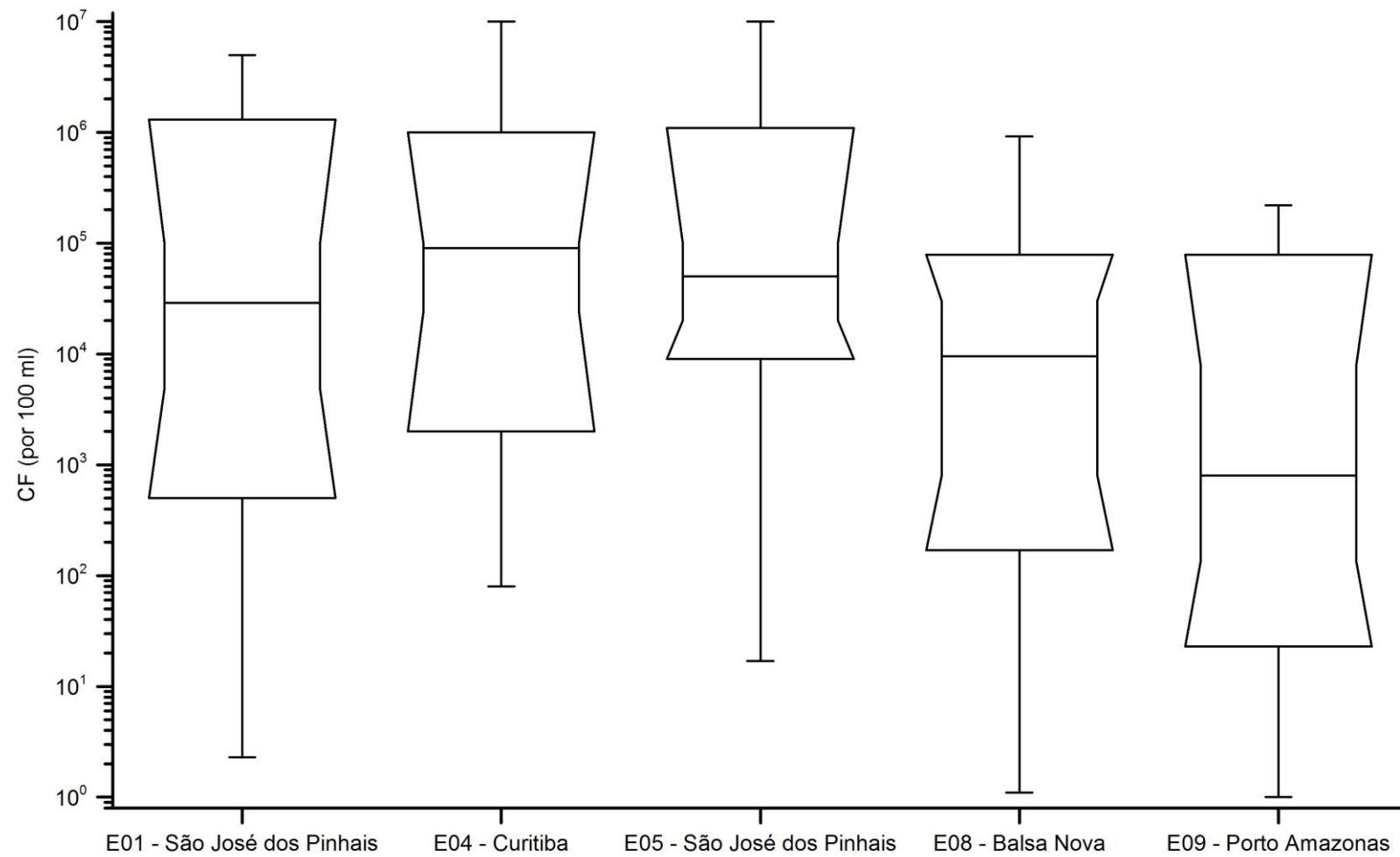


Figura 14 - Diagrama de caixa (Boxplot) - CF - em escala logarítmica.

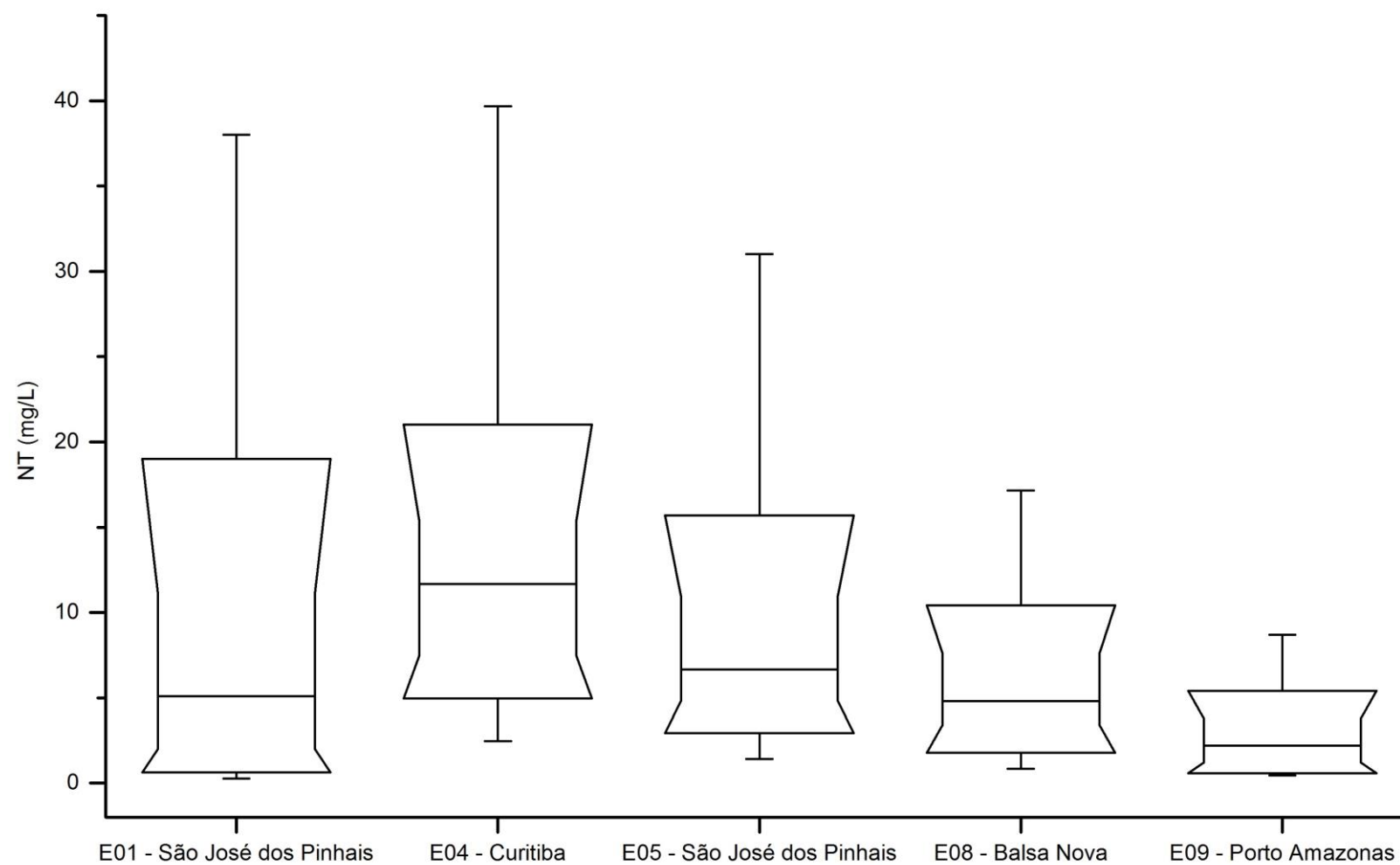


Figura 15 - Diagrama de caixa (Boxplot) - NT.

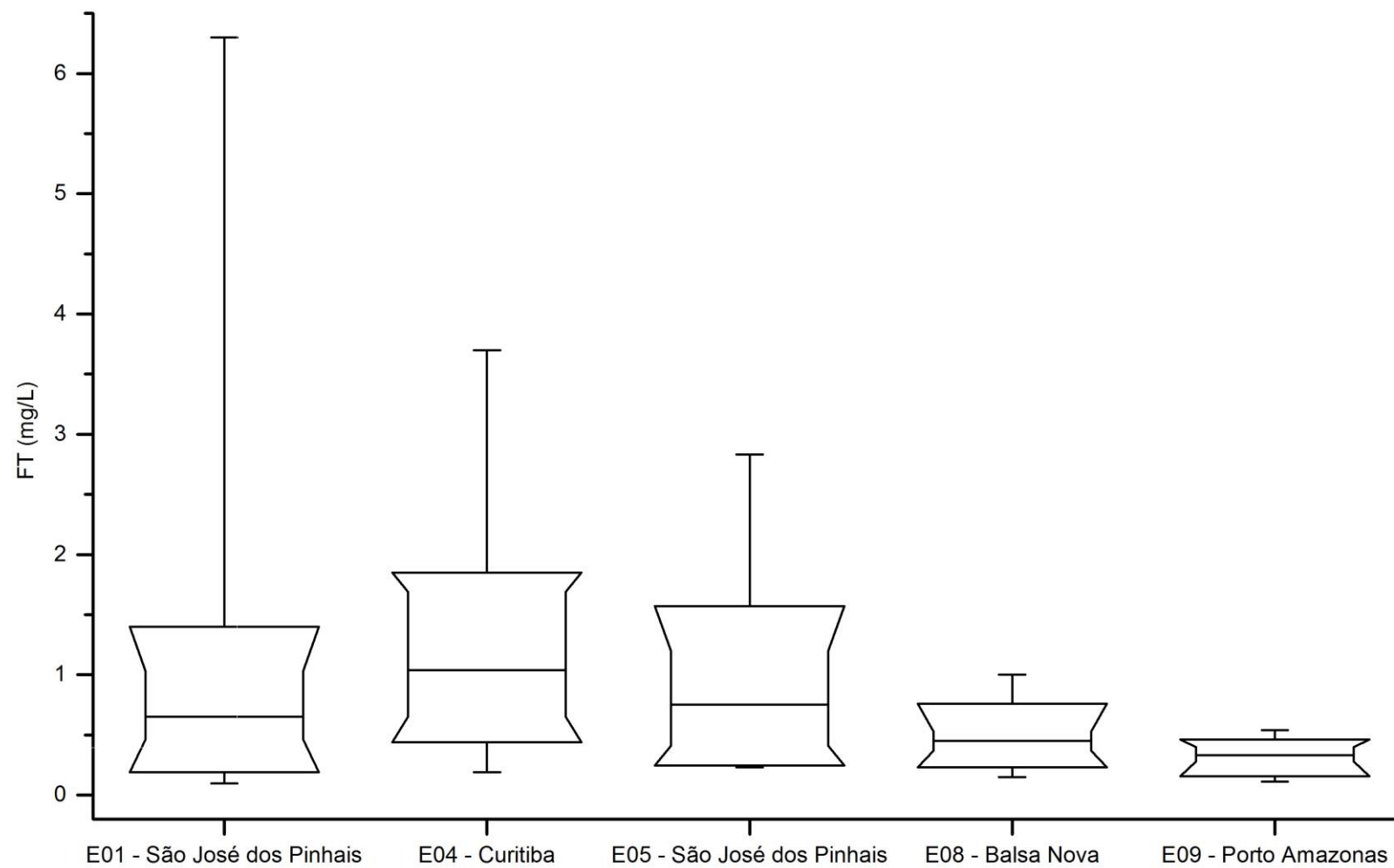


Figura 16 - Diagrama de caixa (Boxplot) - FT.

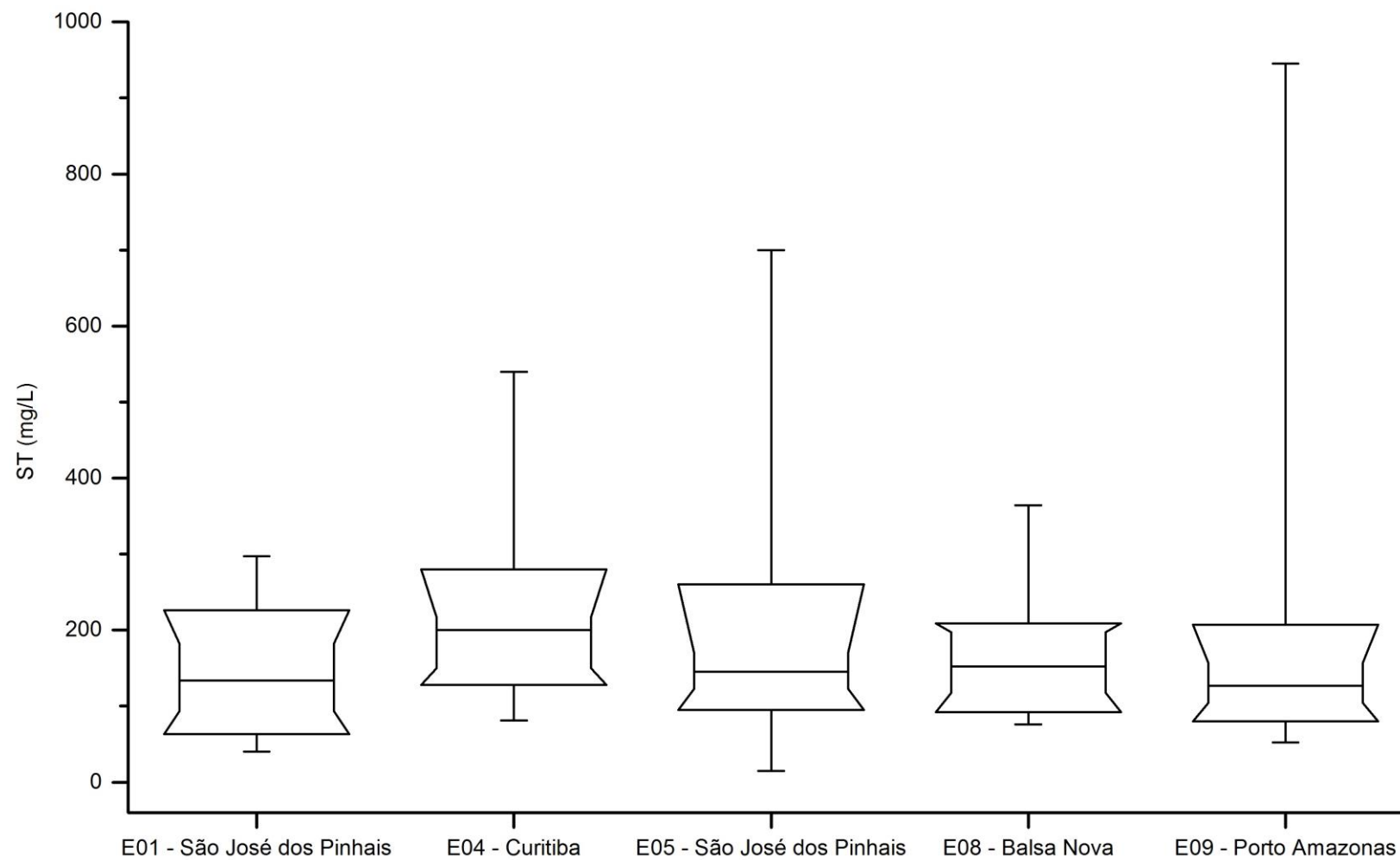


Figura 17 - Diagrama de caixa (Boxplot) - ST.

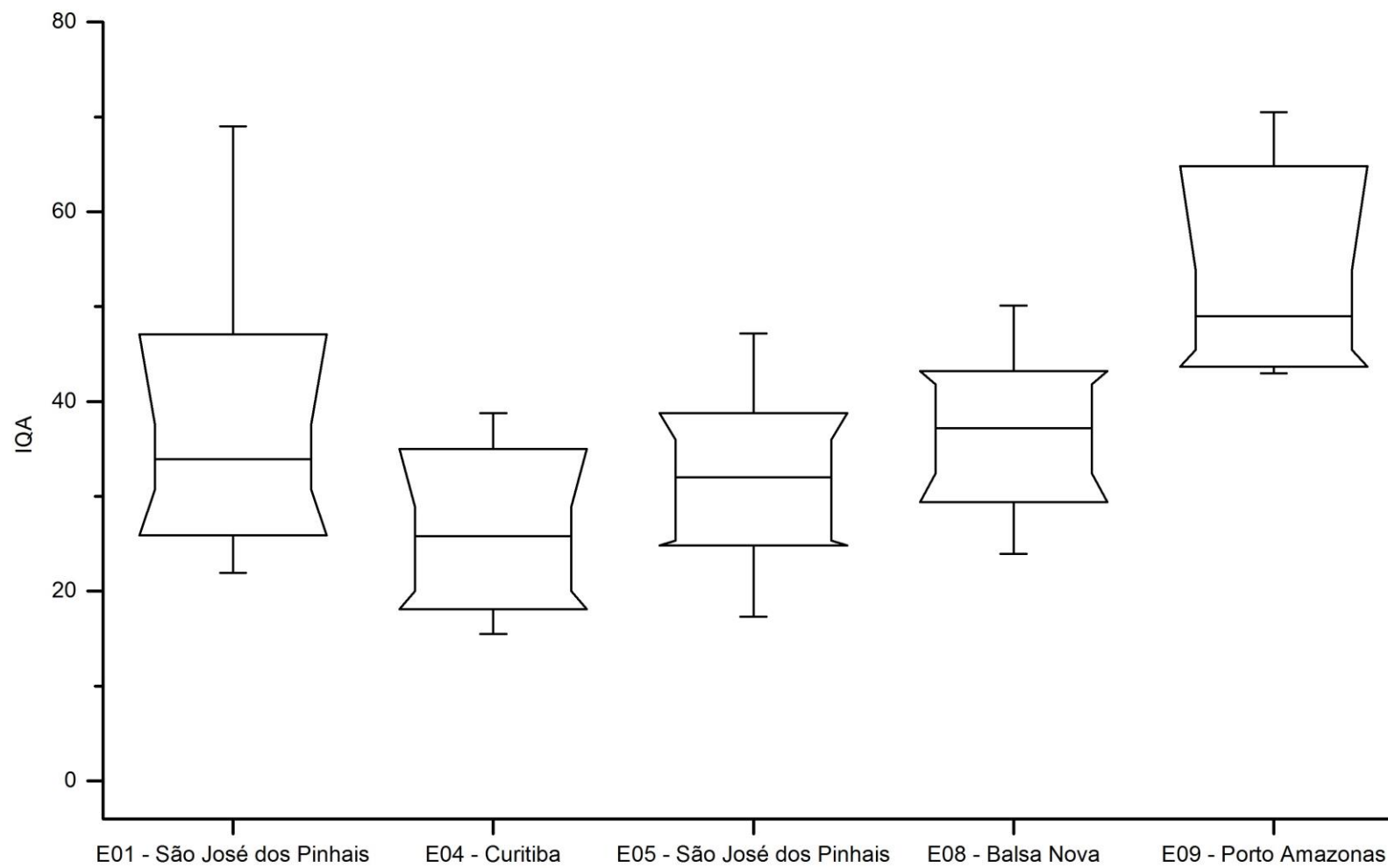


Figura 18 - Diagrama de caixa (Boxplot) - IQA

Os parâmetros pH, ST e Turbidez foram os que apresentaram menores variações ao longo do percurso do rio. Nota-se apenas que o pH é maior na E09, ST maior na E04, e a turbidez ligeiramente superior na E05, fatos já constatados anteriormente.

Em E04, obtiveram-se os piores índices e, conseqüentemente, os piores IQA's entre as estações. É um dos trechos do rio que, provavelmente, receba maior carga de matéria orgânica proveniente de esgotos. Presume-se também que, nesse trecho, ocorra maior processo de decomposição ativa. Os valores de FT, NT, DBO, CF foram expressivamente maiores em Curitiba, enquanto os de OD, menores.

Da mesma forma que a qualidade da água cai ao entrar em Curitiba, ela também se recupera à medida que o rio se afasta da capital. Esse fato acontece devido à redução gradativa de FT, NT, DBO, CF, ST e ao acréscimo sucessivo de OD. Considera-se essa região como sendo uma zona de recuperação.

Em decorrência desses fatores, a estação E09, mais a jusante, localizada na cidade de Porto Amazonas, foi a que obteve os maiores valores de IQA.

Um dos motivos pelos quais Porto Amazonas apresenta águas mais limpas é o fato de não haver, ou ao menos em tanta intensidade, despejo de esgoto doméstico e industrial na região. Ao percorrer o caminho até esse local, o rio já se apresenta bastante recuperado. A matéria orgânica no local tende a estar mais estabilizada, implicando em um menor consumo de OD. Os altos níveis de OD podem se dever também, em parte, à grande presença de pedras e corredeiras que começam a surgir no trecho, que tem um decréscimo mais acentuado de cota (Figura 18). Acredita-se que elas gerem um aumento na oxigenação do rio.



**Figura 19 - Corredeiras entre as estações E08 e E09.
Fonte: Google Earth.**

Percebe-se que a qualidade da água nas estações tem certa influência dos afluentes. Conforme relatório de IAP (2009), basicamente todos os afluentes do rio Iguaçu estão poluídos. Porém aqueles que cruzam regiões mais densamente habitadas da capital, como o rio Belém e seus afluentes, são os que apresentam os mais altos níveis de poluição na região - lembrando que a E04, estação com pior IQA, recebe esses afluentes. Outros rios à jusante e à montante de Curitiba apresentam também bastante poluição, porém em níveis menores.

Observa-se que, nas estações mais próximas a Curitiba (E01, E04 e E05), os parâmetros variam mais, ou seja, de maneira geral, a amplitude dos valores é maior. O contrário ocorre nas estações mais distantes. Em Balsa Nova e em Porto Amazonas os valores da maior parte dos parâmetros se apresentaram mais estáveis.

6 CONCLUSÕES

Como já se era esperado, o Rio Iguaçu apresentou fortes níveis de poluição, principalmente ao receber cargas poluentes - despejadas diretamente no rio ou oriundas de afluentes tipicamente poluídos - na passagem por cidades com mais habitantes, como foi o caso de Curitiba, cidade onde apresentou os piores índices de qualidade. Pela análise dos parâmetros, supõe-se que os altos níveis de poluição na região são provindos principalmente do grande volume de esgoto doméstico, que acaba chegando ao rio sem um tratamento adequado.

No geral, os parâmetros de qualidade pioraram nas últimas décadas. A estação E01, localizada antes de Curitiba e a montante das demais estações, possuía, nas primeiras décadas de medição, índices bastante satisfatórios de OD, DBO e NT. Porém, a partir do ano 2000, ocorreu uma grande piora nos parâmetros e o trecho passou a ser tão poluído quanto os que passam pela capital.

É bastante alarmante o fato de todas as estações terem sofrido um aumento tão grande nos valores de Coliformes Fecais. Ficou constatado que, de 2000 a 2004, os valores de CF chegaram a centuplicar, ficando, em algumas estações, 10.000 (dez mil) vezes acima do tolerável para a classe do rio.

Os limites dos parâmetros para o enquadramento na Classe 2 não foram atendidos em grande parte das medições. Não se encontraram maiores problemas com os valores de pH, Turbidez e ST, que se mostraram, de maneira geral, aceitáveis. Contudo, o mesmo não ocorreu com os demais parâmetros como OD, DBO, CF, NT e, principalmente, FT. Nas estações E04 e E05 algumas medições de OD chegaram a valores próximos de zero o que, além de impróprio para sobrevivência de peixes, gera maus odores pela formação de condições anaeróbias.

Os níveis de FT são os que mais preocupam. Mesmo a estação com melhor qualidade da água (E05), em Porto Amazonas, não foi capaz de apresentar valores aceitáveis. Tudo indica que são necessárias providências mais efetivas para se combater esse problema, como o controle do uso indiscriminado de fertilizantes na agricultura e, principalmente, a implementação de alguma medida em relação ao uso de detergentes superfosfatados. Alguns países como Estados Unidos e Japão já

alteraram a composição de detergentes, os quais passaram a ter compostos que causam menos prejuízos ao meio ambiente (Jornal da USP, 2002).

As estações, quanto mais se afastam de Curitiba, mais apresentam sinais de recuperação da qualidade. Isso acontece devido à capacidade de autodepuração do rio e a diminuição no lançamento de esgotos, os quais decaem visto que a população e as atividades econômicas fora do perímetro urbano são bem mais reduzidas se comparadas às da capital e região metropolitana.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Disponível em:
<<http://pnqa.ana.gov.br/Estrutura/Inicio.aspx>>. Acesso em: fev. 2013.
- ALVES, E. I. S.; MENDES, M. A. **Avaliação De Parâmetros de Qualidade da Água com Base no Uso Pretendido**. Programa de Apoio à Iniciação Científica – PAIC. Curitiba, 2011.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS ENGENHEIROS AMBIENTAIS. Disponível em:
<<http://www.aneam.org.br/noticias/destaque/648-ibge-apresenta-ranking-dos-10-rios-mais-poluidos-do-brasil>>. Acesso em: mar. 2013.
- BENETTI, A.; BIDONE, F. **O Meio Ambiente e os Recursos Hídricos**. Porto Alegre: UFRGS, 1995.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 2005. **Classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais**, mar. 2005.
- CETESB. **Índice de Qualidade da Água - IQA**. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guasSuperficiais/42-%C3%8Dndice-de-Qualidadedas%C3%81guas-\(iqa\)](http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guasSuperficiais/42-%C3%8Dndice-de-Qualidadedas%C3%81guas-(iqa))>. Acesso em: mar. 2013.
- COELHO, M. **Estratégia de Monitoramento de Qualidade de Água para a Gestão de Recursos Hídricos em Bacias Urbanas**. Curitiba: UFPR, 2013.
- COTRIM, M. E. B. **Avaliação da Qualidade da Água da Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguaçu com Vistas ao Abastecimento Público**. São Paulo: IPEN, 2006.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Disponível em:
<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pupunha/PalmitoPupunheira/glossario.htm>> Acesso em: mar. 2013.
- FARIAS, C. E. G. **Mineração e meio ambiente no Brasil**. Relatório Preparado para o CGEE - PNUD, 2002. Disponível em: http://www.cgEE.org.br/arquivos/estudo011_02.pdf. Acesso em: fev. de 2013.

FERREIRA, E. C. F.; ALMEIDA, M. C. **Sistema de Cálculo da Qualidade da Água (SCQA) - Estabelecimento das Equações do Índice de Qualidade das Águas (IQA)** – MG, 2005.

GAZETA DO POVO. Disponível em: <<http://www2.gazetadopovo.com.br/aguasdoamanha/noticias/post/id/248/titulo/Qualidade+da+%C3%A1gua+melhora+a+partir+de+Porto+Amazonas>> Acesso em: ago. 2013.

GRASSI, M. T. **As Águas do Planeta Terra**. Edição Especial. Curitiba: QNESC, 2001.

IAP. **Relatório – Rios da Bacia do Alto Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba**. PR, 2009.

IBGE. **Infográficos**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>> Acesso em: ago. 2013.

INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ. **Mapas e Dados Espaciais**. Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=79>. Acesso em: fev. 2013.

JABUR, A. S. **Alterações Hidrológicas Decorrentes de Mudança do Uso e Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Ligeiro, Pato Branco - PR**. Curitiba, 2010.

JORNAL DA USP. **Fósforo, o vilão dos rios**. Disponível em: <<http://www.usp.br/jorusp/arquivo/2002/jusp596/pag05.htm>>. Acesso em: ago, 2013.

MONTEIRO, A. J. **Eutrofização**. Lisboa: IST, 2004. Disponível em: <<https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/133939/1/Eutrofiza.pdf>>. Acesso em: mar. 2013

PAREY, V. P. **Relevância de Parâmetros de Qualidade das Águas Aplicado à Águas Correntes**. Parte 1. Belo Horizonte: Hamburgo e Berlim: DVWK, 1993.

PEREIRA, R. S. **Poluição Hídrica: causas e consequências**. Rio Grande do Sul: IFSUL, 2004.

PIVELI, R. P; KATO, M. T. **Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos**. São Paulo: ABES, 2006.

RODRÍGUEZ, M. P. **Avaliação da qualidade da água da Bacia do Alto Jacaré-Guaçu/SP (Ribeirão do Feijão e Rio do Monjolinho) através de variáveis físicas, químicas e biológicas.** São Carlos: USP, 2001.

ROMITELLI, L. H. **Diagnóstico ambiental de um trecho do córrego Bonifácio, APA Jundiaí-SP.** Campinas: UNICAMP, 2006.

SCHUELLER, T. **Controlling Urban Runoff : A Practical Manual for Planning and Designing Urban BMPs.** Washington, 1987.

TRENTIN, P. S; BOSTELMANN, E. **Programa Interlaboratorial - para sólidos totais, dissolvidos e em suspensão em amostras de água.** Dez, 2010. Disponível em: <<http://banasmetrologia.com.br/wp-content/uploads/2012/01/Programa-Interlaboratorial.pdf>> Acesso em: mar. 2013.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Inundações Urbanas.** Porto Alegre: UFRGS, 2001.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Volume 1, 2ª edição. Belo Horizonte: UFMG, 1996.

ZANCUL, M. S. **Água e Saúde.** Revista Eletrônica de Ciências, UNESP. Disponível em: < http://www.cdcc.usp.br/ciencia/artigos/art_32/atualidades.html >. Acesso em: 5 abr. 2013.

ZANCUL, M. S. **Água e Saúde. Revista Eletrônica de Ciências.** São Paulo: USP, 2006. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/producaoonline/articulo/viewFile/4858/4201>>. Acesso em: fev. 2013.

APÊNDICE A – EQUAÇÕES DO SCQA

As equações do SCQA são apresentadas abaixo.

- OD

$$\%OD = (OD/C_s) \times 100$$

Onde:

C_s - concentração de saturação de oxigênio dissolvido (mg/L)

$$C_s = (14,62 - (0,3898(T)) + (0,006969(T^2)) - (0,00005896(T^3))) \times ((1 - 0,0000228675(A)))^{5,167}$$

Onde:

T - Temperatura

A – Altitude

Para OD% saturação ≤ 100

$$q_s = 100 \times (\text{sen}(y_1))^2 - [(2,5 \times \text{sen}(y_2) - 0,018 \times \text{OD}\% + 6,86) \times \text{sen}(y_3)] + \frac{12}{e^{y_4} + e^{y_5}}$$

Para $100 < \text{OD}\% \text{ saturação} \leq 140$

$$q_s = -0,00777142857142832x(\text{OD}\%)^2 + 1,27854285714278x(\text{OD}\%) + 49,8817148572$$

Onde:

$$y_1 = 0,01396 \times \text{OD}\% + 0,0873$$

$$y_2 = \frac{\pi}{56} \times (\text{OD}\% - 27)$$

$$y_3 = \frac{\pi}{85} - (OD\% - 15)$$

$$y_4 = \frac{(OD\% - 65)}{10}$$

$$y_5 = \frac{(65 - OD\%)}{10}$$

Para OD% saturação > 140

$$q_s = 47,00$$

- CF

Para CF ≤ 105 NMP/100mL

$$q_s = 98,24034 - 34,7145(\log(CF)) + 2,614267x(\log(CF))^2 + 0,107821x(\log(CF))^3$$

Para CF > 105 NMP/100mL

$$q_s = 3,00$$

- pH

Para pH ≤ 2,0

$$q_s = 2,00$$

Para 2,0 < pH ≤ 6,9

$$q_s = -37,1085 + 41,91277x(\text{pH}) - 15,7043x(\text{pH})^2 + 2,417486x(\text{pH})^3 - 0,091252x(\text{pH})^4$$

Para $6,9 < \text{pH} \leq 7,1$

$$q_s = -4,69365 - 21,4593x(\text{pH}) - 68,4561x(\text{pH})^2 + 21,638886x(\text{pH})^3 - 2,59165x(\text{pH})^4$$

Para $7,1 < \text{pH} \leq 12$

$$q_s = -7698,19 + 3262,031x(\text{pH}) - 499,492x(\text{pH})^2 + 33,1551x(\text{pH})^3 - 0,810613x(\text{pH})^4$$

Para $\text{pH} \geq 12,0$

$$q_s = 3,00$$

- DBO

Para $\text{DBO} \leq 30 \text{ mg/L}$

$$q_s = 100,9571 - 10,7121x(\text{DBO}) + 0,49544x(\text{DBO})^2 - 0,011167x(\text{DBO})^3 + 0,0001x(\text{DBO})^4$$

Para $\text{DBO} > 30,0 \text{ mg/L}$

$$q_s = 2,00$$

- NT

Para $\text{NT} \leq 10 \text{ mg/L}$

$$q_s = 100 - (8,169 \times (\text{NT})) + (0,3059 \times ((\text{NT})^2))$$

Para $10 < \text{NT} \leq 60 \text{ mg/L}$

$$q_s = (101,9 - 23,1023 \times \log(\text{NT}))$$

Para $60 < \text{NT} \leq 100 \text{ mg/L}$

$$q_s = (159,3148 \times 2,7828^{\text{NT} \times (-0,0512842)})$$

Para $\text{NT} \geq 100$

$$q_s = 1,00$$

- FT

Conversão de fósforo em fosfato total:

$$PO_4 = FT \times 3,066$$

Para $PO_4 \leq 10$ mg/L

$$q_s = 79,7 \times ((PO_4) + 0,821)^{-1,15}$$

Para $PO_4 > 10,0$ mg/L

$$q_s = 5,00$$

- Turbidez

Para $Tu \leq 100$

$$q_s = 90,37e^{(-0,0169 \times (Tu))} - 15 \times \cos(0,0571 \times ((Tu) - 30)) + 10,22e^{(-0,231 \times (Tu))} - 0,80$$

Para $Tu > 100$

$$q_s = 5,00$$

- ST

Para $ST \leq 500$

$$q_s = 133,13e^{(-0,0027 \times (ST))} - 53,17e^{(-0,0141 \times (ST))} + [(-6,2e^{(-0,00462 \times (ST))} \times \sin(0,0146 \times (ST)))]$$

Para $ST > 500$

$$q_s = 30,00$$

- Temperatura

As equações e as curvas desenvolvidas pela NSF levam em consideração as características dos corpos de água e variações climáticas dos EUA, sendo a variação de temperatura de equilíbrio o principal parâmetro afetado. Como os ambientes não recebem cargas térmicas elevadas, as equações não condizem com a realidade brasileira, pois a variação da temperatura de equilíbrio é próxima de zero, tem-se:

$$\Delta T \cong 0$$

$$\text{Para } -0,625 < \Delta T \leq 0,625$$

$$q_s = 4,8 \Delta T + 93$$

Então utiliza-se:

$$q_s = 93,00$$

APÊNDICE B – DECLARAÇÃO DE AUTORIA



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional
 Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
 Sistema de Bibliotecas

DECLARAÇÃO DE AUTORIA

Autor¹: _____

CPF¹: _____ Código de matrícula¹: _____

Telefone¹: (____) _____ e-mail¹: _____

Curso/Programa de Pós-graduação: _____

Orientador: _____

Data da defesa: _____

Título/subtítulo: _____

Tipo de produção intelectual: () TCC² () TCCE³ () Dissertação () Tese

Declaro, para os devidos fins, que o presente trabalho é de minha autoria e que estou ciente:

- dos Artigos 297 a 299 do Código Penal, Decreto-Lei nº 2.848 de 7 de dezembro de 1940;
- da Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, sobre os Direitos Autorais,
- do Regulamento Disciplinar do Corpo Discente da UTFPR; e
- que plágio consiste na reprodução de obra alheia e submissão da mesma como trabalho próprio ou na inclusão, em trabalho próprio, de idéias, textos, tabelas ou ilustrações (quadros, figuras, gráficos, fotografias, retratos, lâminas, desenhos, organogramas, fluxogramas, plantas, mapas e outros) transcritos de obras de terceiros sem a devida e correta citação da referência.

 Local e Data

 Assinatura do Autor¹

¹ Para os trabalhos realizados por mais de um aluno, devem ser apresentados os dados e as assinaturas de todos os alunos.

² TCC – monografia de Curso de Graduação.

³ TCCE – monografia de Curso de Especialização.

APÊNDICE C – TERMO DE AUTORIZAÇÃO



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
 Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional
 Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
 Sistema de Bibliotecas

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TRABALHOS DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO E ESPECIALIZAÇÃO, DISSERTAÇÕES E TESES NO PORTAL DE INFORMAÇÃO E NOS CATÁLOGOS ELETRÔNICOS DO SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UTFPR

Na qualidade de titular dos direitos de autor da publicação, autorizo a UTFPR a veicular, através do Portal de Informação (PIA) e dos Catálogos das Bibliotecas desta Instituição, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9.610/98, o texto da obra abaixo citada, observando as condições de disponibilização no item 4, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, visando a divulgação da produção científica brasileira.

1. Tipo de produção intelectual: () TCC¹ () TCCE² () Dissertação () Tese

2. Identificação da obra:

Autor³: _____

RG³: _____ CPF³: _____ Telefone³: (____) _____

e-mail³: _____

Curso/Programa de Pós-graduação: _____

Orientador: _____

Co-orientador: _____

Data da defesa: _____

Título/subtítulo (português): _____

Título/subtítulo em outro idioma: _____

Área de conhecimento do CNPq: _____

Palavras-chave: _____

Palavras-chave em outro idioma: _____

3. Agência(s) de fomento (quando existir): _____

4. Informações de disponibilização do documento:

Restrição para publicação: () Total⁴ () Parcial⁴ () Não Restringir

Em caso de restrição total, especifique o por que da restrição: _____

Em caso de restrição parcial, especifique capítulo(s) restrito(s): _____

Local e Data

Assinatura do Autor³

Assinatura do Orientador

¹TCC – monografia de Curso de Graduação.

²TCCE – monografia de Curso de Especialização.

³Para os trabalhos realizados por mais de um aluno, devem ser apresentados os dados e as assinaturas de todos os alunos.

⁴A restrição parcial ou total para publicação com informações de empresas será mantida pelo período especificado no Termo de Autorização para Divulgação de Informações de Empresas. A restrição total para publicação de trabalhos que forem base para a geração de patente ou registro será mantida até que seja feito o protocolo do registro ou depósito de PI junto ao INPI pela Agência de Inovação da UTFPR. A íntegra do resumo e os metadados ficarão sempre disponibilizados.