

Tendência da qualidade das águas dos rios da bacia do Piracicaba, dos últimos 35 anos de monitoramento (1978 a 2012)

**Relatório Final de Pesquisa
Fevereiro de 2014**

ZAGATTO Consultoria



Ambiental e Social

RELATÓRIO TÉCNICO

Tendência da qualidade das águas dos rios da bacia do Piracicaba, dos últimos 35 anos de monitoramento (1978 a 2012)

TRABALHO REALIZADO COM PATROCÍNIO DA BIOAGRI AMBIENTAL

Piracicaba-SP, Fevereiro de 2014.

Autores:

Biól. Dr. Pedro Antonio Zagatto

Biól. Nuno Pastro Zagatto



Palavras chave: tendência de qualidade de águas, indicadores de qualidade de águas, qualidade de águas; bacia do Rio Piracicaba; Rio Piracicaba, Rio Corumbataí, Rio Atibaia, Rio Camanducaia, Rio Jaguari, índice de qualidade de águas; IQA; IVA; IET; IAP.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossos agradecimentos à bibliotecária da CETESB, Hilda Adriane de Lima, pela ajuda na obtenção e impressão dos relatórios de qualidade de águas.

Ao Gerente do Setor de Águas Interiores, da CETESB, Nelson Menegon Júnior pela sua prestatividade, colaboração e apoio para a execução deste trabalho.

Os nossos agradecimentos à professora Dra. Sonia Maria De Stefano Piedade, do Departamento de Ciências Exatas, Esalq/USP, pela contribuição e orientação sobre as análises estatísticas aplicadas neste estudo.

A Lúcia Vidor de Souza Reis, da CETESB e membro da Câmara Técnica Saúde e Meio Ambiente do Comitê de Bacia do PCJ, e ao Luiz Roberto Moretti, Secretário executivo dos Comitês PCJ pelas discussões e interesse de conhecer a evolução dos indicadores de qualidade das águas da bacia do Rio Piracicaba.

O nosso muito obrigado ao Marcos Ceccatto que, particularmente, nos auxiliou na formatação dos gráficos.

APRESENTAÇÃO

No Estado de São Paulo, o monitoramento da qualidade das águas vem sendo realizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), desde 1974, sendo que atualmente se tem um banco de dados razoável, que desperta o interesse em analisá-los com vistas a se obter um diagnóstico sobre a tendência da qualidade das águas ao longo do tempo.

Desta forma, este trabalho teve como intuito analisar o conjunto dos dados de 35 anos de monitoramento da qualidade das águas, dos principais rios da Bacia do Piracicaba (Piracicaba, Atibaia, Corumbataí, Jaguari e Camanducaia), com vistas a se obter informações sobre a melhora ou piora de suas águas.

É importante destacar que nestas últimas três décadas houve um aprimoramento nas legislações ambientais, um avanço significativo no desenvolvimento de tecnologias analíticas, um crescimento da rede laboratorial de análises ambientais e também uma demanda crescente pelo monitoramento da qualidade das águas. Embora exista um acúmulo de dados de monitoramento ambiental, existe, no Brasil, uma carência em estudo da tendência de qualidade de águas, pois o estudo de tendência de longo prazo é uma ferramenta importante no diagnóstico qualitativo da bacia hidrográfica. Este é um assunto de extrema importância aos gestores de recursos hídricos para a Bacia do Piracicaba, uma vez que a Deliberação dos Comitês PCJ nº 129/11 de 23 de novembro de 2012, no seu item 1º (a), estabelece como prioridade de temas de investimentos “a necessidade do conhecimento dos indicadores ambientais de quantidade e qualidade da água.” e no seu item 3º, “a necessidade de levantamento de trechos críticos para a recuperação da qualidade nas bacias ou trechos de seus corpos hídricos que são utilizados para abastecimento público.”

Portanto, o resultado obtido neste trabalho poderá servir de subsídios para os gestores da região (Comitê de Bacia, municipalidade e demais órgãos ambientais) na tomada de ações de controle, planejamento e recuperação dos rios dessa bacia hidrográfica, com vistas na melhoria da qualidade de suas águas para os diferentes usos preponderantes, que são designados por lei.

RESUMO

Com o intuito de avaliar a tendência da qualidade das águas dos principais rios da bacia do Piracicaba, foram selecionados pontos estratégicos dos rios Piracicaba, Atibaia, Corumbataí, Camanducaia e Jaguari, e compilados os dados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos e dos índices de qualidade das águas, dos últimos 35 anos do monitoramento da CETESB.

Os resultados analíticos das variáveis de qualidade de água monitoradas, bem como os resultados dos índices de qualidade (IQA, IVA, IET e IAP) estão apresentados em gráficos, nos quais estão incluídas a média móvel e a linha de tendência linear ao longo do tempo.

Com o objetivo de avaliar a significância das inclinações ascendente ou descendente da linha de tendência, do conjunto de dados para cada variável, foram aplicadas análises estatísticas para comparação dos resultados, tomando como referência os valores dos 10 primeiros anos de monitoramento com os dos 10 últimos.

Os resultados revelaram que nos três pontos em estudo do Rio Piracicaba, as concentrações de N-amoniaco, nitrato, nitrito, fósforo total, cloreto, condutividade, DBO e sólidos dissolvidos aumentaram e o oxigênio dissolvido diminuiu significativamente nesse período de monitoramento, evidenciando um aumento da poluição hídrica. O IQA, que expressa os valores das variáveis indicadoras da presença de esgotos domésticos, também demonstrou esse aumento de poluição.

Nos rios Corumbataí, Atibaia, Camanducaia e Jaguari, nos pontos mais a jusante, a maioria desses parâmetros também tiveram um aumento significativo. Embora haja um aumento da poluição nesse período de 35 anos, verifica-se que nos últimos 10 anos há uma tendência de melhoria e ou estabilidade da qualidade das águas para a maioria dos parâmetros. No entanto, essa melhora toma como ponto de partida o ano 2003 e não o período inicial do monitoramento da qualidade das águas, que teve início na década de 70.

Comparativamente ao período de chuva, no período de seca, de forma geral, há um aumento dos níveis de DBO, N-amoniaco, N-Kjeldhal, nitrato, nitrito, cloreto, substâncias tensoativas, fósforo total, condutividade e diminuição do manganês e da turbidez das águas.

Neste relatório são também apresentados os valores legais das variáveis monitoradas, o nível de poluição dos principais rios contribuintes, a tendência dos índices de qualidade das águas (IQA, IVA, IET E IAP) e uma representação gráfica da qualidade das águas dos rios focados neste estudo, em função dos objetivos dos diferentes índices de qualidade.

A representação gráfica dos dados de monitoramento, em função do tempo, demonstra a velocidade da alteração da qualidade das águas nos diferentes pontos em estudo.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1 VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DOS 13 PONTOS DOS RIOS DA BACIA DO PIRACICABA	19
4.1.1 Ponto Rio Piracicaba PCAB02135 – (divisa Limeira/Santa Bárbara d’Oeste).....	19
4.1.2 Ponto Rio Piracicaba PCAB02192 – (próximo à usina de Monte Alegre)	24
4.1.3 Ponto Rio Piracicaba PCAB02800 – (em Artemis)	28
4.1.4 Ponto Rio Atibaia ATIB 02010 – (próximo à captação de Atibaia).....	32
4.1.5 Ponto Rio Atibaia ATIB 02065 – (na captação de Campinas)	34
4.1.6 Ponto Rio Atibaia ATIB 02605 – (Rodovia SP 332 Campinas/Cosmópolis).....	37
4.1.7 Ponto Rio Corumbataí CRUM02200 – (na Ponte estrada Assistência/ Paraisópolis, em Rio Claro).....	42
4.1.8 Ponto Rio Corumbataí CRUM02500 – (na captação de Piracicaba)	43
4.1.9 Ponto Rio Camanducaia CMDC2300 – (em Amparo)	47
4.1.10 Ponto Rio Camanducaia CMDC2900 – (em Mogi Mirim).....	47
4.1.11 Ponto Rio Jaguari JAGR02100 – (ponte na Rodovia SP-95 no trecho que liga Bragança Paulista/Amparo Km 9).....	50
4.1.12 Ponto Rio Jaguari JAGR02400 – (Rodovia SP 340 em Jaguariúna).	52
4.1.13 Ponto Rio Jaguari JAGR 02800 (na captação de Limeira).	53
4.2 ANÁLISE DOS DADOS DOS ÚLTIMOS 10 ANOS	57
4.3 SOBRE OS VALORES LEGAIS.....	59
4.3.1 Rio Piracicaba: Pontos: PCAB02135, PCAB02192 e PCAB02800	61
4.3.2 Rio Atibaia (Pontos ATIB 02010, ATIB 02065 ATIB 02605)	63
4.3.3 Rio Corumbataí (Pontos CRUM02500 e CRUM02200).....	63
4.3.4 Rio Camanducaia (Pontos CAMD02300 e CAMS02900)	63
4.3.5 Rio Jaguari (Pontos JAGR02100, JAGR02400 e JAGR02800)	64
4.4 AFLUENTES DOS RIOS DA BACIA DO PIRACICABA: CONTRIBUINTES.....	64
4.5 ANÁLISES DOS DADOS DOS PERÍODOS DE CHUVA E SECA.....	68
4.6 ANÁLISE DOS ÍNDICES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS	75
4.6.1 IQA (Índice de Qualidade das Águas)	75
4.6.2 IVA – Índice de qualidade de águas para a Proteção da Vida Aquática	80
4.6.3 IET Índice do Estado Trófico das águas.....	86
4.6.4 IAP – Índice de Qualidade da água bruta para fins de abastecimento público.	90
4.6.5 Representação da qualidade das águas em função de cada índice	93
4.7 Estudo de correlação e regressão entre crescimento populacional, consumo de água, tratamento de esgoto e IQA.	98
5 - CONCLUSÕES	101
6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	105
7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
8 - ANEXOS	111
ANEXO A.....	112
ANEXO B.....	119
ANEXO C	121

1. INTRODUÇÃO

No Estado de São Paulo, o controle da poluição ambiental é realizado pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), que objetiva promover o diagnóstico, o gerenciamento e a melhoria da qualidade do ambiente. A operação da Rede de Monitoramento da qualidade das águas interiores do Estado se iniciou em 1974, com poucos pontos de amostragem. A partir desse ano, a CETESB foi adequando e expandindo gradativamente a sua rede básica de monitoramento, com o objetivo de ampliar a sua representatividade nas bacias hidrográficas. Em 2012 o número de pontos de amostragem chegou a mais de 400, distribuídos nas 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI), que dividem o Estado de São Paulo em regiões hidrográficas, de acordo com a lei Estadual nº 9.034 de 27 de dezembro de 1994 (SÃO PAULO, 1994). As UGRHIs estão estruturadas no conceito de bacia hidrográfica, onde os recursos hídricos convergem para um corpo d'água principal.

Desde 1978 a CETESB vem publicando anualmente o Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo, nos quais constam todos os dados dos parâmetros ambientais analisados e os índices de qualidade, que informam de forma sintética, ao público em geral, a qualidade das águas. São também apresentados os percentuais de coleta e tratamento de esgotos domésticos, dados sobre vazões, carga orgânica potencial e remanescente, além das características hídricas dos respectivos corpos d'água receptores dos lançamentos dos municípios do Estado.

Dentre os diversos objetivos do programa de monitoramento gerenciado pela CETESB, pode se destacar os de avaliar a evolução da qualidade das águas e propiciar o levantamento das áreas prioritárias para o controle da poluição, identificar trechos de rios onde a qualidade d'água possa estar mais degradada, possibilitando ações preventivas e de controle, com vistas a recuperação de áreas (CETESB, 2013). As informações obtidas no programa da rede básica de monitoramento são fundamentais no processo decisório das políticas públicas. Esse programa visa subsidiar os setores competentes das administrações municipal, estadual e federal, quanto às ações de controle de poluição para recuperação da qualidade das águas dos rios e reservatórios existentes no território paulista.

A bacia hidrográfica do Rio Piracicaba, situada no sudeste do Estado de São Paulo e extremo sul de Minas Gerais, se estende por uma área de 12.531 km² e pertence à unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos PCJ: Piracicaba, Capivari e Jundiá (UGRHI 5). Tem

suas nascentes nos Estados de Minas Gerais (nas cabeceiras do Rio Jaguari) e de São Paulo, onde os rios Atibaia e Cachoeira dão origem ao Atibaia. São também importantes na bacia os rios Camanducaia, afluente paulista do Jaguari e o Corumbataí, contribuinte direto do Rio Piracicaba, em seu curso médio inferior antes da confluência à margem direita do Tietê (Fig.1).

As nascentes do Rio Jaguari se localizam nos municípios de Camanducaia, Extrema, Itapeva e Toledo, em Minas Gerais. No município de Extrema, o Rio Jaguari recebe um afluente de grande importância, o Rio Camanducaia. Abaixo desta confluência, já em território paulista, o Rio Jaguari é represado, fazendo parte de um sistema de represamento denominado Cantareira. Esta represa foi construída para permitir a reversão de parte da água para a bacia do Alto Tietê, que reforça o abastecimento público da Grande São Paulo. A bacia do Rio Jaguari é considerada federal, pois atravessa dois estados, abrangendo quatro municípios mineiros e 15 paulistas.

O Rio Piracicaba se forma da junção dos rios Atibaia e Jaguari, no município de Americana. É um rio de porte médio, o maior afluente em volume de água do rio Tietê, sendo um dos mais importantes rios paulistas. Seus formadores são responsáveis pelo abastecimento de água à região metropolitana de Campinas e parte da grande São Paulo (CETESB, 2006). O Rio Piracicaba percorre 250 km desde sua formação até a sua foz no rio Tietê, entre os municípios de Santa Maria da Serra e Barra Bonita/ SP. Após atravessar a cidade de Piracicaba, recebe águas do seu principal afluente, o Rio Corumbataí.

Todos esses rios têm como uso preponderante, por lei, a proteção da vida aquática e para o abastecimento público. Suas águas servem para o abastecimento de cerca de 40 municípios da região (CETESB, 2013).

A bacia hidrográfica do Rio Piracicaba localiza-se numa das regiões mais industrializada e desenvolvida do Estado de São Paulo, abrangendo importantes municípios como Bragança Paulista, Atibaia, Campinas, Sumaré, Hortolândia, Monte Mor, Nova Odessa, Paulínia, Limeira, Americana, Rio Claro, Santa Bárbara d'Oeste, Iracemápolis, Piracicaba, Charqueada, Rio das Pedras, Saltinho, Santa Maria da Serra, São Pedro e demais cidades circunvizinhas (Fig. 1).

Por ser uma região bastante urbanizada e industrializada, a bacia do Piracicaba recebe um aporte significativo e crescente, de esgotos domésticos (muitas vezes *in natura*) e industriais, que são lançados diretamente nos corpos hídricos. Os lançamentos de efluentes urbanos

representam aproximadamente 80% da vazão captada, sendo que os problemas mais agudos de poluição encontram-se nos ribeirões afluentes desses rios com mais de 60% de suas vazões de esgotos doméstico e industrial (MELETTI, 1997; FISCHER 2003)

O relatório CETESB (2013) mostra que a porcentagem de tratamento de esgoto doméstico na UGRHI 5, (que também engloba os rios Jundiá e Capivari) é ainda baixo (60%) e a carga remanescente de DBO é da ordem de 130 toneladas/dia. Todos os anos, a CETESB registra casos de mortandade de peixes, que expressam um ponto extremo de pressão do corpo hídrico. A região (UGRHI5) é a que mais apresenta esse tipo de episódio no Estado de São Paulo. Em 2010 foram registrados 43 mortandades, em 2011, 37 e em 2012, 49 ocorrências, cuja causa principal é a contaminação por esgotos domésticos CETESB (2011; 2012 e 2013). É importante salientar que houve um aumento significativo desse tipo de ocorrência nestes últimos anos.

Além das fontes pontuais de poluição do Rio Piracicaba, deve se levar em consideração as fontes difusas da bacia. O deflúvio superficial urbano e agrícola, caracterizado pelo escoamento superficial das águas de chuva, são fontes importantes de poluição hídrica. As águas de escoamento desses ambientes contêm níveis significativos de contaminantes e se constituem num aporte de carga orgânica, fertilizantes, agrotóxicos e metais, que são lixiviados dos solos (ARMAS, 2007).

As diferentes formas de aporte de poluição tornam, na prática, inexequível a análise sistemática de todos os poluentes que possam estar presentes nas águas superficiais. Por isso, a CETESB faz uso de cerca de 50 indicadores de qualidade (parâmetros físicos, químicos, biológicos e ecotoxicológicos), considerando-se aqueles mais representativos estabelecidos na legislação vigente.

Em função da importância do uso da água e, principalmente, em função dos vários impactos ambientais provocados pelo homem, no Brasil e no mundo, a sociedade começa a repensar as questões de suporte vital para as futuras gerações e ganham espaços nos meios científicos e políticos. Vários modelos de organização e gestão ambiental para conter ou diminuir a poluição hídrica foram implantados em vários países da Europa e nos Estados Unidos, e o Brasil se espelha nesses modelos, como por exemplo, a cobrança pelo uso das águas.

No Brasil a resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA 357/2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento,

bem como estabelece as condições e padrões de qualidade de água, como também para lançamento de efluentes, dentre outras providencias (BRASIL, 2005).

Na maioria dos relatórios de qualidade de águas, a CETESB tem apresentado a evolução dos parâmetros ambientais monitorados, dos últimos cinco ou 10 anos. No entanto, esse período pode não retratar temporalmente a melhora ou a piora da qualidade das águas, tendo em vista o histórico de dados de monitoramento existente, pois a maioria dos pontos dos rios da bacia do Piracicaba tem um acúmulo de dados de até 35 anos, e é oportuno avaliá-los para conhecer a evolução da sua qualidade durante esse maior período de tempo.

Portanto, este relatório apresenta um estudo da tendência temporal e espacial dos dados das variáveis físico-químicas e microbiológicas e dos índices de qualidade das águas dos rios da bacia do Piracicaba, dos últimos 35 anos de monitoramento, com vistas a saber se as águas dos principais rios dessa bacia estão tendo uma melhora ou piora na sua qualidade.

2. OBJETIVOS

Esta pesquisa teve como objetivo principal avaliar a tendência temporal dos indicadores de qualidade de água, (parâmetros de monitoramento ambiental e índices de qualidade de água IQA, IVA, IET, IAP), dos principais rios da bacia do Piracicaba (Piracicaba, Corumbataí, Atibaia, Camanducaia e Jaguari), com o intuito de mostrar se a qualidade das águas desses rios, nestas últimas três décadas, está melhorando ou piorando.

Tem ainda como objetivo contribuir com informações que possam servir de subsídios para o planejamento das ações de controle, para que os órgãos gestores possam tomar decisões no campo do saneamento ambiental dos recursos hídricos dessa bacia.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para a execução desta pesquisa foram utilizados os resultados analíticos do monitoramento da qualidade das águas dos rios da Bacia do Piracicaba, dos anos de 1978 a 2012, extraídos dos Relatórios de Qualidade das Águas interiores do Estado de São Paulo (CETESB, 1978 a 2013). Para isso, foram selecionados os principais rios da bacia do Piracicaba, tendo como critérios de seleção os pontos de amostragem da CETESB que possuíam um maior período de dados de monitoramento, e também a distribuição dos pontos ao longo do perfil longitudinal dos rios. Portanto, foram selecionados um total de 13 pontos de monitoramento da bacia, sendo três no Rio Piracicaba, dois no Rio Corumbataí, três no Rio Atibaia, três no Rio Jaguari e dois do rio Camanducaia.

Com o intuito de avaliar as contribuições de poluição para as águas desses rios foram também selecionados pontos de amostragem de diferentes afluentes (tributários) pertencentes a essa bacia. Na figura 1 consta a localização dos pontos de monitoramento ao longo dos rios em estudo e dos seus principais tributários. Na tabela 1 constam os rios em estudo, o período de monitoramento, a descrição e a localização geográfica dos pontos de amostragem. Na tabela 2 constam os dados de alguns dos afluentes contribuintes dos rios da bacia.

Fig. 1 - Localização dos pontos de monitoramento da qualidade das águas dos rios da Bacia do Piracicaba (UGRHI 5).



Tabela 1. Descrição dos pontos de amostragem das águas dos principais rios bacia do Piracicaba (rios de Classe II)

Corpo hídrico/ tempo de monitoramento	Código do ponto-Cetesb	Local de amostragem	Latitude S	Longitude W	Município
Rio Piracicaba 34 anos	PCAB 02135	Na ponte de concreto da estrada Americana-Limeira, na divisa de Limeira e Santa Bárbara d'Oeste.	22°41'51"	47 ° 23' 14"	Limeira
Rio Piracicaba 35 anos	PCAB 02192	Ponte a 50 m do km 135,3 da estrada que liga Piracicaba a Limeira, próximo à Usina Monte Alegre.	22 41 20	47 34 58	Piracicaba
Rio Piracicaba 35 anos	PCAB 02800	Em frente à fonte sulfurosa, junto ao posto 4D-07 do DAEE, na localidade de Artemis.	22 41 31	47 46 39	Piracicaba
Rio Atibaia 18 anos	ATIB 02010	Junto à captação do município de Atibaia.	23 06 12	46 32 42	Atibaia
Rio Atibaia 34 anos	ATIB 02065	Na captação de Campinas, na divisa entre os municípios de Campinas e Valinhos.	22 54 18	46 58 26	Campinas
Rio Atibaia 34 anos	ATIB 02605	Ponte da Rodovia SP - 332 que liga Campinas a Cosmópolis.	22 44 43	47 09 35	Paulínia
Rio Corumbataí 12 anos	CRUM 02200	Ponte na Estr. Assistência/ Paraisolândia, em Rio Claro.	22 30 54	47 37 26	Rio Claro
Rio Corumbataí 35 anos	CRUM 02500	Na captação de Piracicaba.	22 38 01	47 40 58	Piracicaba
Rio Camanducaia 13 anos	CMDC 02300	Ponte na estrada de acesso ao bairro Climáticas da Bocaina, km 136,8 da Rod. das Estâncias, a montante da captação de Amparo.	22 42 09	46 44 58	Amparo
Rio Camanducaia 18 anos	CMDC 02900	Ponte na rodovia SP-340 no trecho que liga Campinas à Mogi-Mirim.	22 39 42	47 00 11	Jaguariúna
Rio Jaguari 12 anos	JAGR 02100	Ponte na rodovia SP- 95 no trecho que liga Bragança Paulista/Amparo (km 9).	22 52 39	46 36 26	Bragança Paulista
Rio Jaguari 13 anos	JAGR 02400	Na ponte da rodovia SP-340.	22 42 15	47 00 51	Jaguariúna
Rio Jaguari 35 anos	JAGR 02800	Na captação de Limeira.	22 39 44	47 16 40	Limeira

Tabela 2 - Descrição dos pontos de amostragem dos principais ribeirões contribuintes da bacia do Rio Piracicaba

Corpo hídrico/Classe	Código do ponto-Cetesb	Local de amostragem	Latitude S	Longitude W	Município
Ribeirão Anhumas/IV	NUMA 04900	Próximo à foz no Rio Atibaia, Ponte antes da entrada da Rhodia, saindo de Paulínia.	22° 45' 56''	47 06 00	Paulínia
Ribeirão dos Toledos/III	TOLE 03900	Ponte de madeira, na foz com o Rio Piracicaba.	22 44 14	47 26 42	Santa Barbara D'Oeste
Ribeirão Lavapés/IV	LAPE 04900	Na Foz com o Rio Jaguari.	22 54 12	46 32 50	Bragança Paulista
Ribeirão Pinheiros/III	PINO 02100	Ponte a montante da ETE de Vinhedo. O córrego esta correndo á esquerda, paralelamente a Rod. dos Andradas, (trecho Urbano de Vinhedo).	23 00 38	46 58 54	Vinhedo
Ribeirão Piracicamirim/II	PIMI 02900	Na foz com o Rio Piracicaba.	22 41 57	47 37 46	Piracicaba
Ribeirão Quilombo/III	QUIL 03200	Ponte na estrada que liga a Via Anhanguera a Paulínia.	22 49 07	47 11 55	Sumaré
Ribeirão Tatu/IV	TATU 04850	Ponte 2 km a montante da foz do Rio Piracicaba.	22 39 36	47 21 09	Limeira
Ribeirão Tijuco/II	TIJU 02900	Próximo à sua foz.	22 48 39	47 10 24	Sumaré

Até 1984 a CETESB monitorava mensalmente a qualidade das águas, sendo que a partir de 1985 as amostras passaram a ser coletadas e analisadas bimestralmente, para a maioria dos pontos de amostragem, quanto aos parâmetros alumínio, arsênio, bário, cádmio, clorofila, cobre, carbono orgânico dissolvido, chumbo, coliformes fecais, condutividade, cor, cromo, DQO, DBO, estanho, fenóis, ferro, fluoreto, fósforo, manganês, mercúrio, níquel, nitrato, nitrito, N-amoniaco, N-Kjeldhal, ortofosfato, oxigênio dissolvido, PH, potássio, sódio, sólidos, substâncias tensoativas, sulfato, temperatura, turbidez e zinco total. Muitos desses parâmetros são utilizados nos índices e expressam a qualidade das águas para os diferentes objetivos propostos nos mesmos. Portanto, os resultados analíticos dessas variáveis, bem como os resultados dos índices de qualidade de águas (IQA, IVA, IET e IAP), durante o período de monitoramento existente, foram tabulados e apresentados em forma de gráficos, os quais incluem além dos resultados analíticos, a média móvel e a linha de tendência linear para

o período de monitoramento. A média móvel foi elaborada tendo como base os valores de seis dados iniciais de amostragem e a partir da qual um novo dado é adicionado à média.

Com o objetivo de avaliar a significância das inclinações ascendente ou descendente da linha de tendência do conjunto de dados, para cada variável, foram aplicadas análises estatísticas para comparação dos resultados, tomando como referência os valores dos primeiros anos de monitoramento. Quando existem dados de mais de 30 anos, foi aplicada análise estatística comparando os teores dos parâmetros ambientais dos 10 primeiros anos com os 10 últimos. No caso de apenas 10 anos de monitoramento, foram comparados os valores dos primeiros cinco anos com os cinco últimos.

Quanto à análise estatística, primeiramente foi aplicado ao conjunto de dados o Teste F para análise das variâncias entre os dois grupos. Quando o Teste F mostrou uma variância homoscedástica, aplicou-se aos dois grupos de dados o teste T de Student para variâncias equivalentes, tipo 2, com o intuito de testar a hipótese nula de que a média de duas amostras são iguais ou diferentes. Quando as variâncias entre os grupos eram diferentes, foi aplicado o Teste T, tipo 3. Para essa análise estatística foi utilizada a distribuição T bicaudal a nível de 95% de significância.

Para os parâmetros com mais de 30 anos de monitoramento, que mostraram aumento de poluição, mas com uma média móvel com tendência de melhoria de qualidade de água na última década, foi seccionado esse período de 10 anos e feita uma análise dessa tendência.

Com o objetivo de avaliar as variações de sazonalidade dos parâmetros de monitoramento ambiental entre períodos de chuva e de seca, os dados das variáveis físico-químicas e microbiológicas foram compilados de dezembro a maio (período de chuva) e de junho a novembro (período de seca). Os dados foram plotados em gráficos e traçadas suas linhas de tendência linear desses dois períodos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O interesse em analisar a tendência da qualidade das águas se dá por duas razões: A primeira é devida a necessidade de conhecer as variações naturais da qualidade das águas ao longo do tempo e as questões relativas ao controle e atendimento aos padrões estabelecidos em lei. A segunda é pelo fato de existir um acúmulo de dados de monitoramento de qualidade das águas realizado pelos órgãos ambientais, que desperta o interesse público e científico em analisá-los temporalmente, com vistas a saber se a qualidade das águas está melhorando ou piorando ao longo do tempo (HIRSCH et al., 1982; ZETTERQUVIST, 1991).

Para atender a essa segunda razão é preciso uma quantidade de dados do mesmo local, por vários anos de monitoramento, obtidos através de técnicas analíticas consistentes. Com esse objetivo é que os dados da rede básica de monitoramento da CETESB foram compilados e analisados, para alguns pontos, desde 1978 a 2012.

Para análise de grandes quantidades de dados é preciso escolher a forma de apresentação e as análises estatísticas específicas para demonstrar a sua tendência temporal. Com essa finalidade, são várias as técnicas estatísticas empregadas, sendo algumas bem simples, como a comparação de média, e outras mais sofisticadas como técnicas de agrupamentos e análises multivariadas com diversas finalidades, como descrito por HIRSCH et al. (1991); ZETTERQUVIST (1991), IAN McLEOD et al. (1991), GROppo et al. (2006), SILVA et al. (2011). FARIA et al. (1994) em estudo da evolução de alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas de um ribeirão, durante um histórico de cerca de 20 anos de monitoramento, utilizaram a média de dados de quatro em quatro anos, para demonstrar a tendência da qualidade das águas.

Na área da ciência assim como no mercado financeiro, alguns analistas fazem o uso de gráficos e indicadores estatísticos para identificar as tendências e suas reversões. Na área de qualidade das águas o reconhecimento da tendência de aumento ou diminuição da poluição hídrica, durante um longo período de tempo, é a chave e o objeto de programas de monitoramento e gestão ambiental.

Dentre os indicadores de tendência, os mais utilizados são as linhas de tendência e a média móvel. As linhas de tendência linear são instrumentos de análise técnica que define o tipo de movimento dos dados ao longo do tempo, permitindo assim, aos analistas e gestores, definir posicionamento para tomada de decisões estratégicas de planejamento quanto às medidas de controle da poluição ambiental.

Um dos aspectos mais interessantes nas linhas de tendência linear reside na sua visibilidade e previsão futura do conjunto de dados e informações. Mesmo que seja discutível a validade científica de uma linha de tendência, não significa obrigatoriamente que a utilidade da informação seja desprezada, pois a linha de tendência é um instrumento de medida de uma situação técnica que representa a manutenção de um contexto, no caso deste trabalho, o aumento ou a diminuição dos valores dos parâmetros indicadores da poluição hídrica.

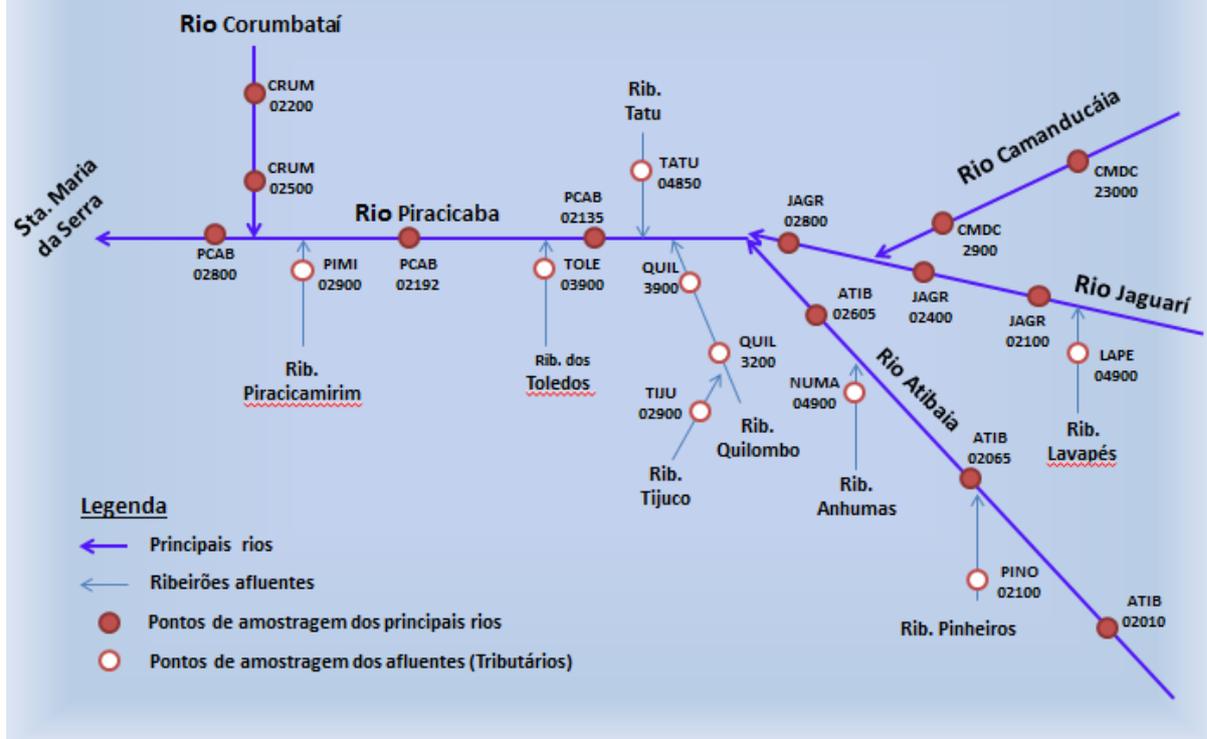
O segundo indicador estatístico, semelhante à linha de tendência linear, é a média móvel. A média móvel é utilizada para analisar dados de um intervalo de tempo, tendo como objetivo de uso sua aplicação como rastreadores de tendência para mostrar a flutuação da ascensão ou queda de valores dos vários subperíodos ao longo do tempo. A média móvel é uma linha que suaviza as variações dos valores, diminuindo os ruídos representados por oscilações mais fortes, por isso fica mais simples de entender o comportamento e a velocidade das variações temporais, de forma a visualizar a velocidade da tendência no gráfico para uma previsão dos dados no futuro.

Embora num conjunto de dados sempre possa existir uma tendência ascendente ou descendente, questiona-se o quanto essa inclinação é significativa. Para responder a essa questão, foram aplicadas aos dados análises estatísticas: Test F para análise das variâncias de dois grupos de dados e Test T de Student a nível de 95% de significância para avaliar se existe diferença significativa entre os valores dos 10 primeiros anos de monitoramento (dados de referência), com os valores dos 10 últimos. Os resultados das análises estatísticas assim como os períodos analisados constam nos Anexos A e B.

Neste relatório estão apresentados a seguir os gráficos com os dados de monitoramento da qualidade das águas (parâmetros ambientais e índices) dos rios da Bacia do Piracicaba, realizado pela CETESB, nos quais incluem também a linha de tendência linear e a média móvel para cada parâmetro de monitoramento, cuja análise estatística mostrou a existência, estatisticamente significativa, de uma melhora ou piora da qualidade das águas. Em função do volume de informações não serão apresentados os gráficos dos demais parâmetros que não apresentaram significância estatística.

Para maior compreensão da localização dos pontos dos rios deste estudo, a figura 2 mostra um perfil longitudinal dos rios e os pontos de monitoramento da qualidade das águas.

Fig. 2 Esquema dos principais rios e afluentes da bacia do Piracicaba com os pontos de monitoramento da qualidade das águas, selecionados para este estudo



4.1 VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DOS 13 PONTOS DOS RIOS DA BACIA DO PIRACICABA

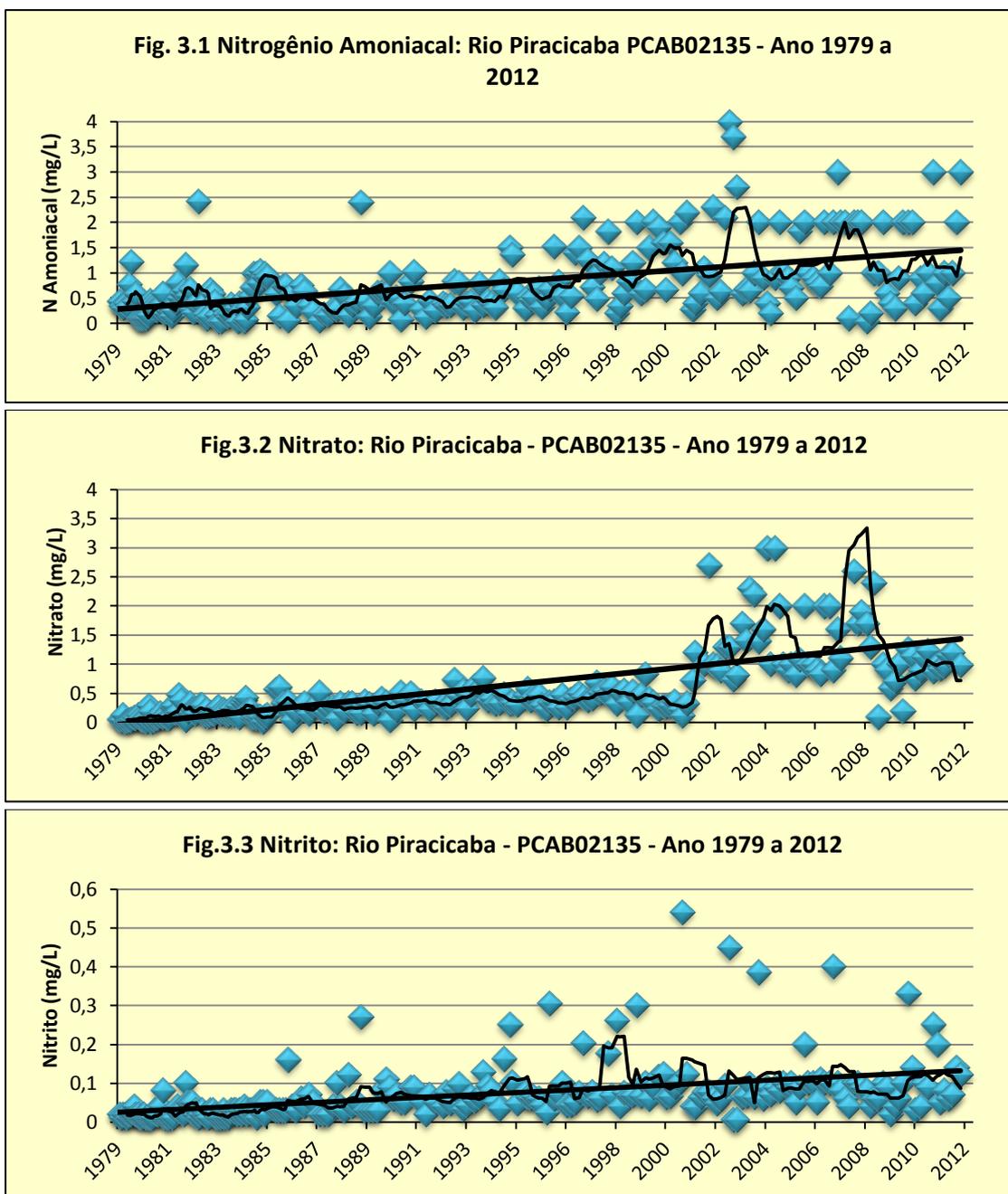
4.1.1 Ponto Rio Piracicaba PCAB02135 – (divisa Limeira/Santa Bárbara d’Oeste)

A qualidade das águas do Rio Piracicaba, nesse ponto de amostragem, começou a ser monitorada pela CETESB a partir de 1979, para a maioria dos parâmetros ambientais, sendo que ao longo do tempo novos parâmetros foram implementados na sua rotina de controle.

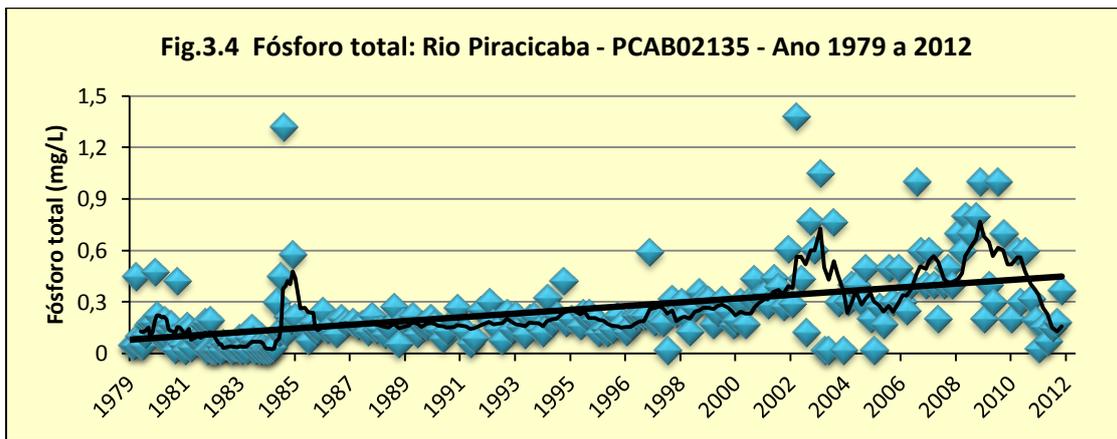
Neste ponto é possível notar um aumento da poluição ao longo desses 34 anos de monitoramento, demonstrado principalmente pelo aumento estatisticamente significativo dos teores da série de nitrogênio, fósforo total, condutividade, DBO, cloreto total, sólidos totais e dissolvidos, substâncias tensoativas, e a diminuição dos teores de oxigênio dissolvido da água (Figs. 3.1 a 3.11).

O teor médio de N-amoniaco em 1979 era inferior a 0,5mg/L, enquanto que em 2012 o valor médio passou a 1,5 mg/L. (Fig. 3.1) . Essa mesma proporção de aumento foi notado para

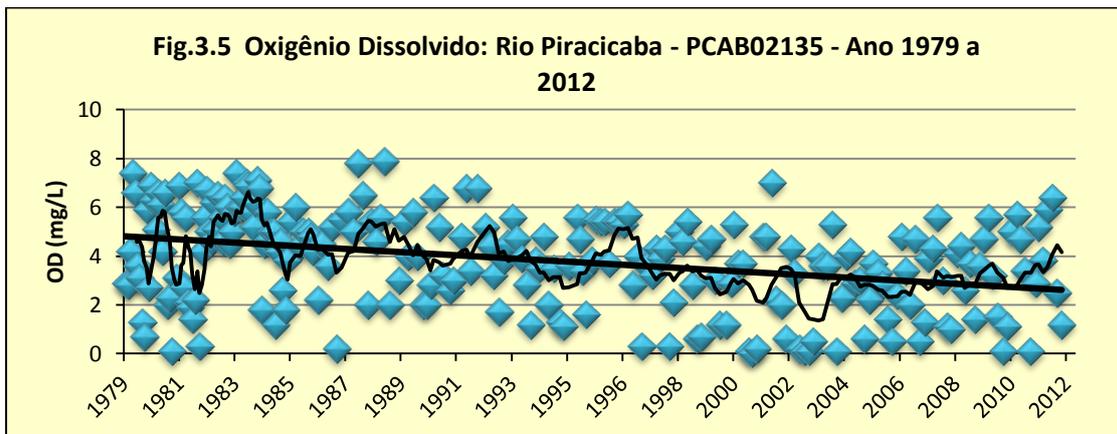
Nitrato e Nitrito (Figs. 3.2 e 3.3). Da série de nitrogênio analisada, somente o N-Kjeldahl se manteve estável ao longo dos 34 anos de monitoramento, não tendo diferença significativa entre os anos iniciais e finais do monitoramento.



O fósforo total também teve um aumento significativo ao longo dos 34 anos de monitoramento, sendo em torno de 0,1 mg/L em 1979, passando a 0,5 mg/L em 2012 (Fig.3.4).



Os valores de oxigênio dissolvido (OD) variaram entre uma faixa ótima (>5mg/) e uma inaceitável (de 0 a <5 mg/L) durante todo esse período de monitoramento. Pelo gráfico da figura 3.5 verifica-se que o valor médio de OD diminuiu de 5,0 mg/L (em 1979) para 2,5 mg/L em 2012. De 1998 a 2012 verifica-se uma maior frequência de valores de OD próximos a zero. É importante ressaltar que valores inferiores a 5 mg/L não são suficientes para manter a vida aquática.



Além dos parâmetros anteriormente mencionados, que são representativos de esgoto doméstico, verificou-se também uma tendência estatisticamente significativa de aumento dos valores de cloreto total (Fig. 3.6), substâncias tensoativas (Fig. 3.7), condutividade (Fig. 3.8), sólidos totais (Fig.3.9), sólidos totais (Fig. 3.10) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (Fig. 3.11).

Fig.3.6 Cloreto total: Rio Piracicaba - PCAB02135 - Ano 1979 a 2012

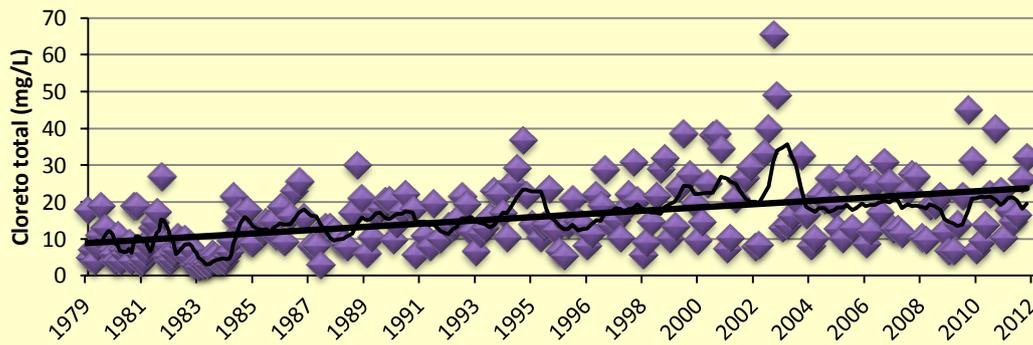


Fig.3.7 Substâncias tensoativas: Rio Piracicaba - PCAB02135 - Ano 1979 a 2012

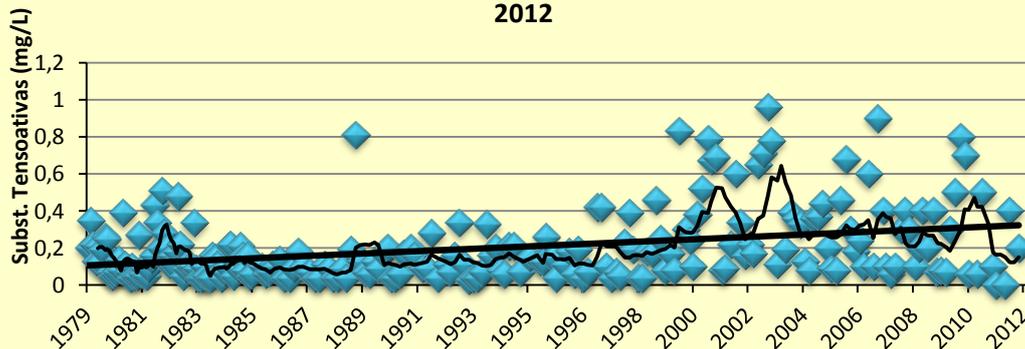


Fig. 3.8 Condutividade: Rio Piracicaba - PCAB02135 - Ano 1986 a 2012

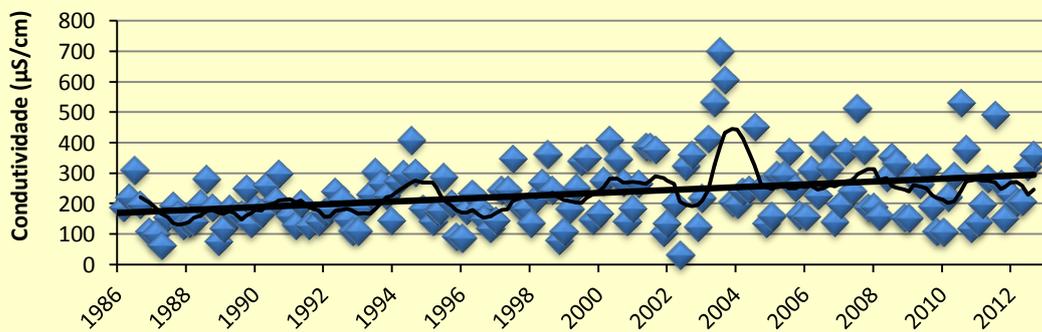
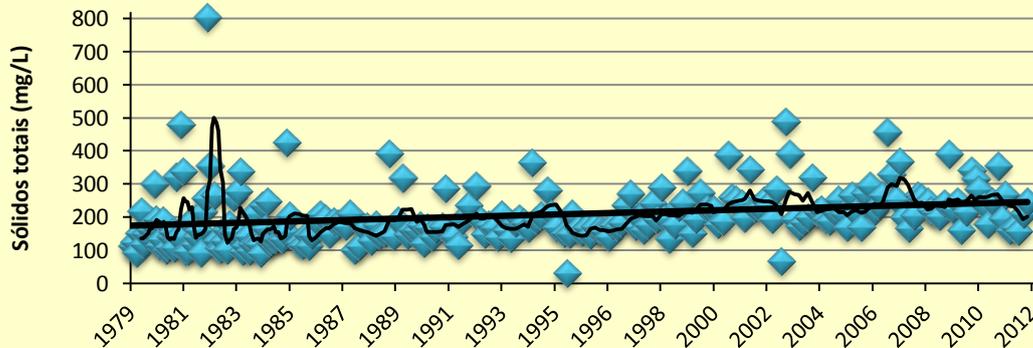
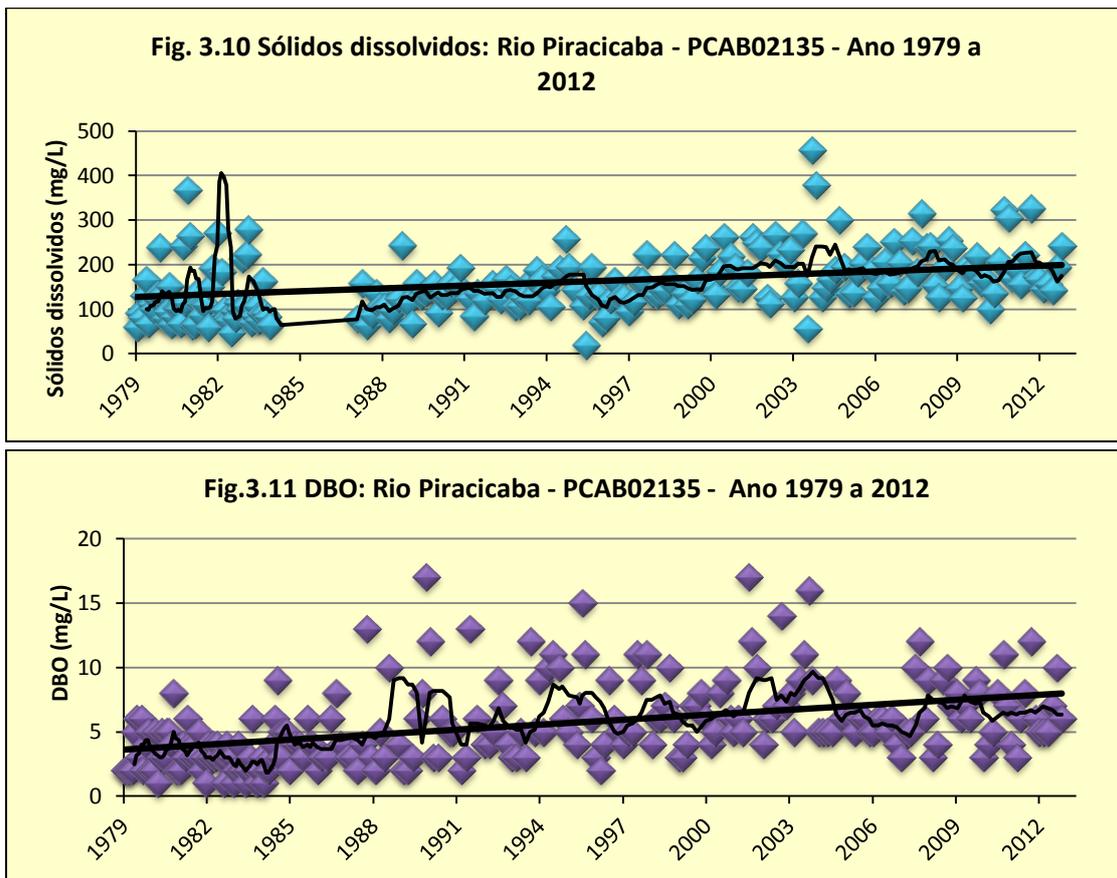


Fig.3.9 Sólidos totais: Rio Piracicaba - PCAB02135 - Ano 1979 a 2012



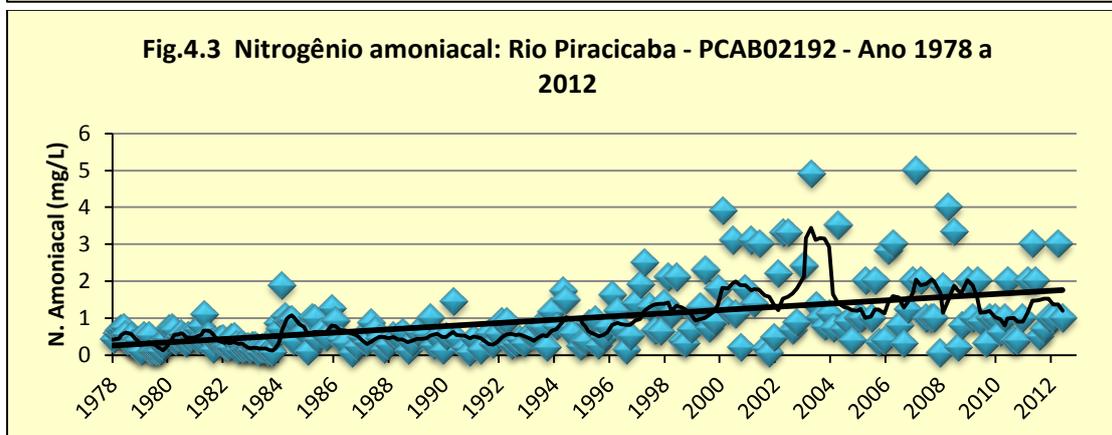
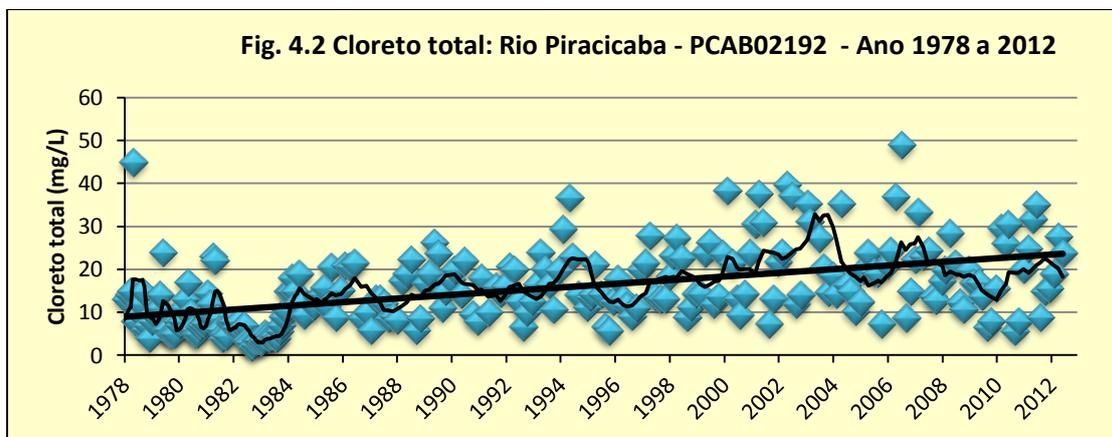
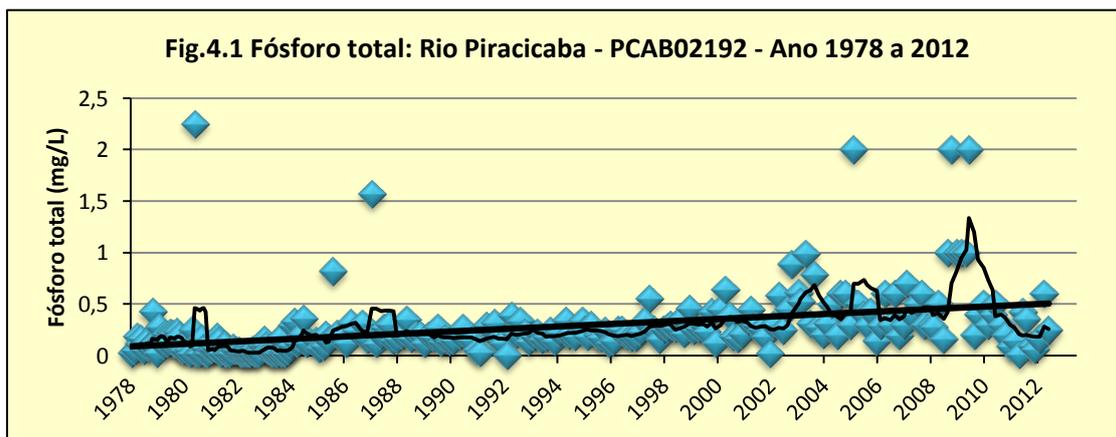


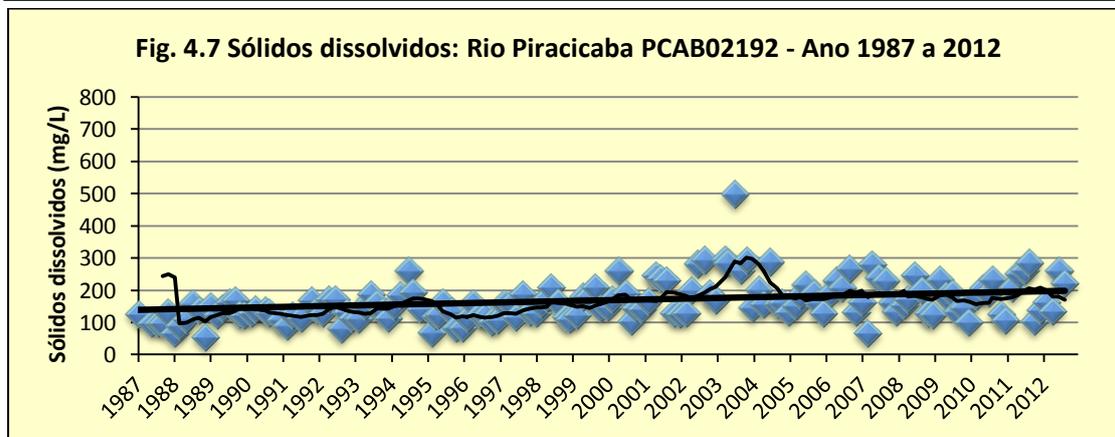
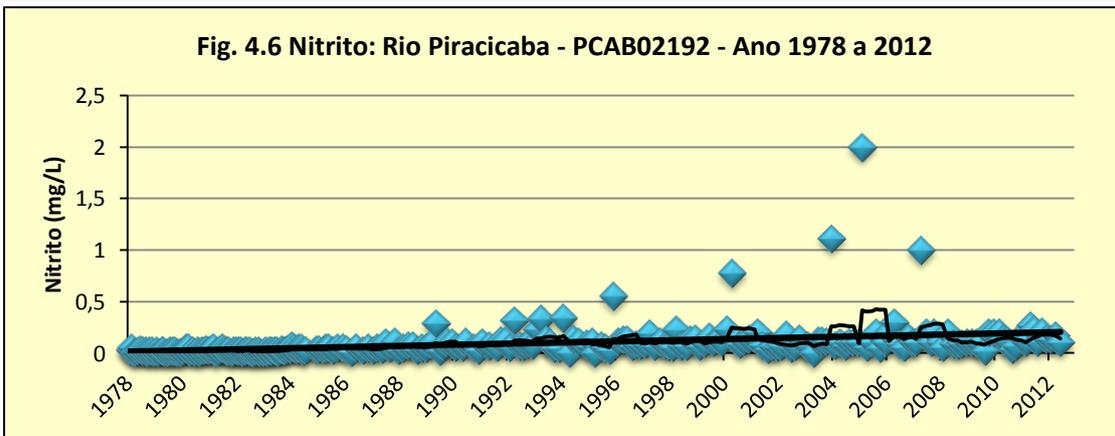
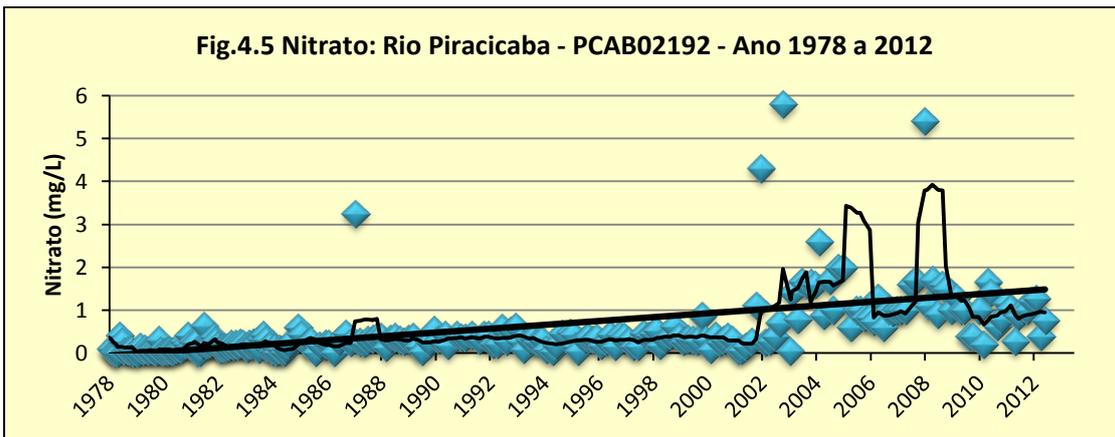
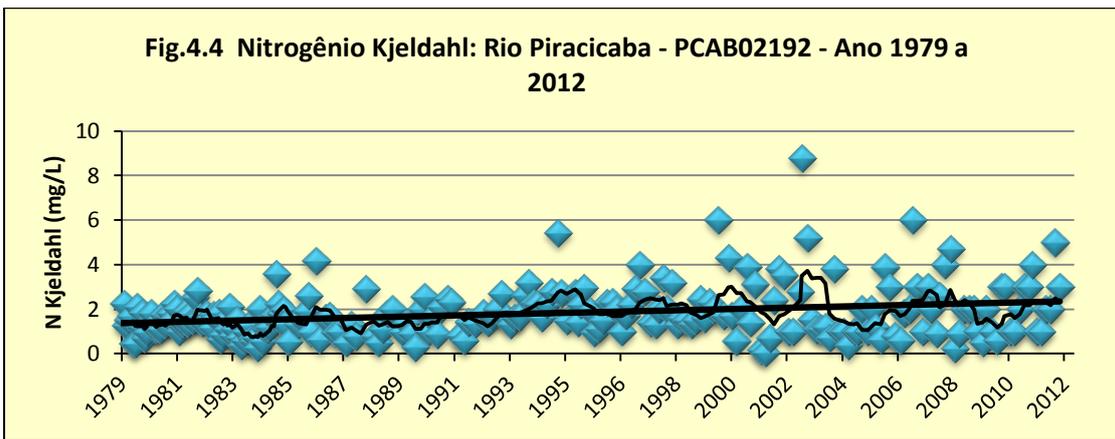
O número de coliformes fecais, pH, manganês e a turbidez se mantiveram praticamente estáveis ao longo desses 34 anos, não tendo evidenciado um aumento ou diminuição significativa. Em termos de indicadores da poluição por fontes industriais, pode-se dizer que não houve aumento significativo dos níveis de Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Hg, Ni, Zn e fenóis. Esses metais se mantiveram abaixo do limite de detecção do método, para a maioria do tempo de monitoramento, embora ao longo desses anos, alguns valores ultrapassaram os limites estabelecidos em lei. Em relação à Demanda Química de Oxigênio (DQO), foi possível observar uma linha de tendência progressiva, sendo que esse fato se deve à mudança do valor do limite de detecção do método de 5 para 50 mg/L a partir de 2005, o que influencia significativamente na linha de tendência e na média móvel. Portanto, o parâmetro DQO não foi levado em consideração nesta pesquisa.

4.1.2 Ponto Rio Piracicaba PCAB02192 – (próximo à usina de Monte Alegre)

O monitoramento da qualidade das águas deste ponto de amostragem teve início em 1978, portanto, 35 anos de dados.

Como indicadores significativos do aumento da poluição hídrica pode-se observar pelas linhas de tendência os parâmetros: fósforo total, cloreto, N-amoniaco, N-Kjeldahl, nitrato, nitrito, DBO, substâncias tensoativas, condutividade, DBO, pH e OD (Figs. 4.1 a 4.12).





* Devido a falta de dados em alguns anos de monitoramento, foram utilizados os dados a partir de 1987

Fig.4.8 Substâncias tensoativas: Rio Piracicaba - PCAB02192 - Ano 1978 a 2012

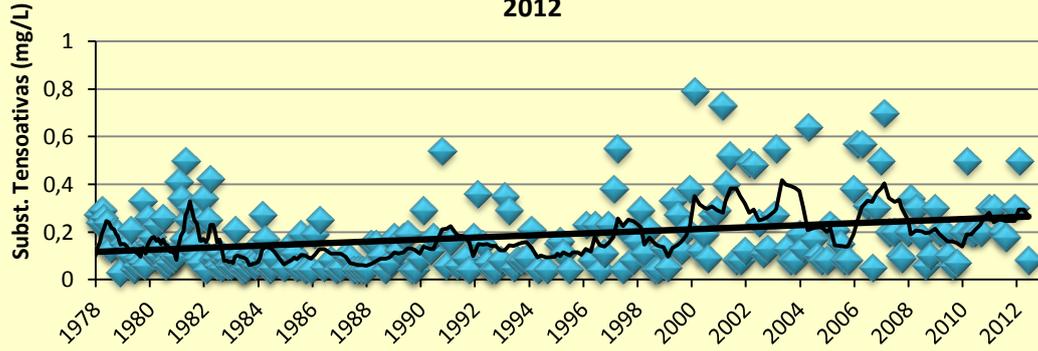


Fig. 4.9 Condutividade: Rio Piracicaba - PCAB02192 - Ano 1986 a 2012

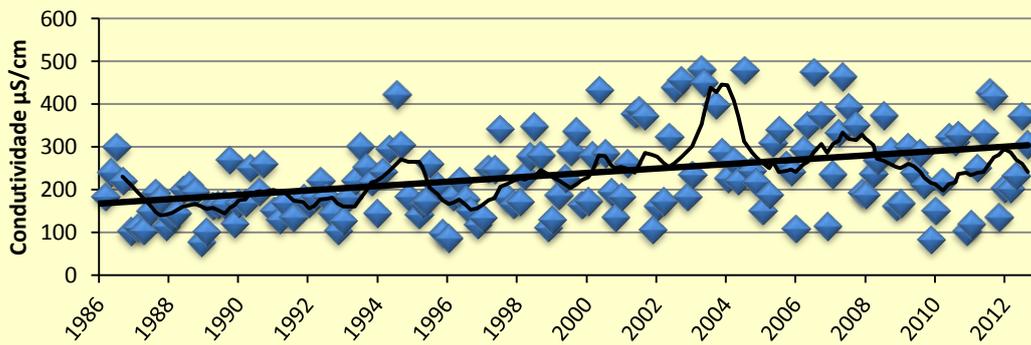


Fig. 4.10 DBO: Rio Piracicaba - PCAB02192 - Ano 1978 a 2012

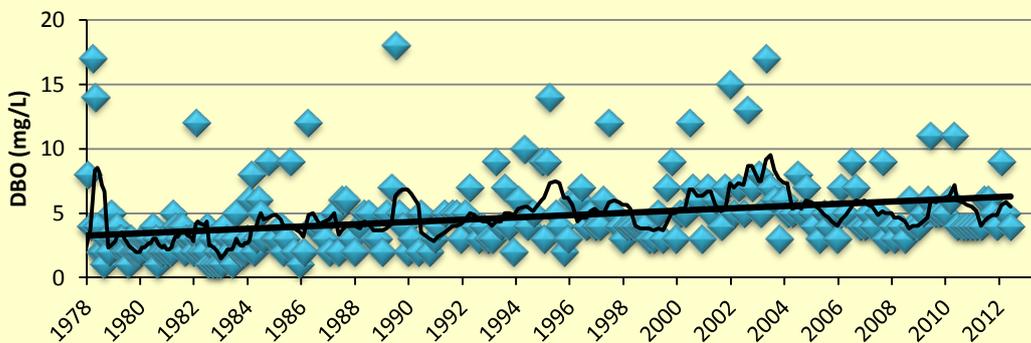
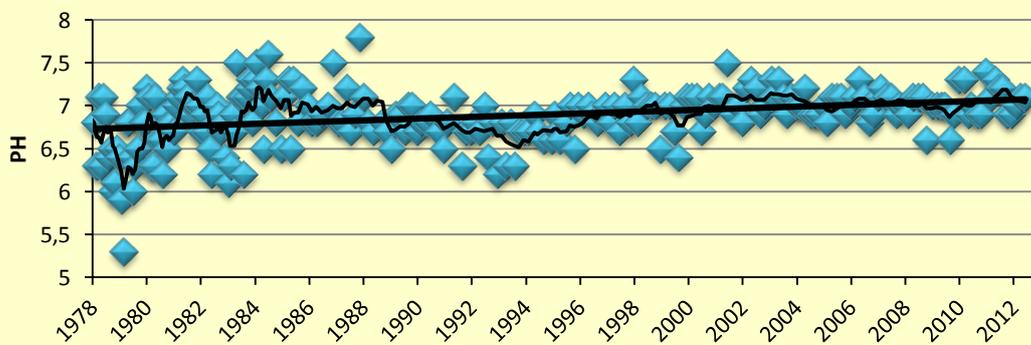
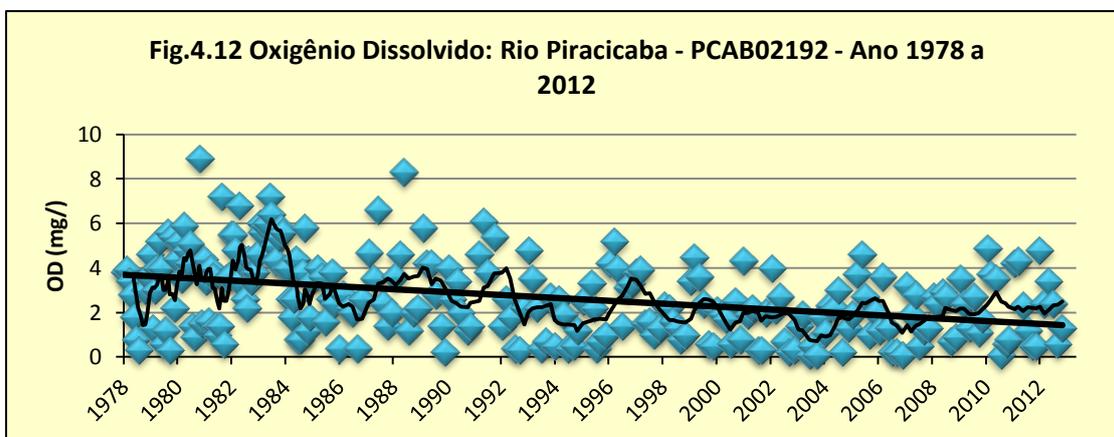


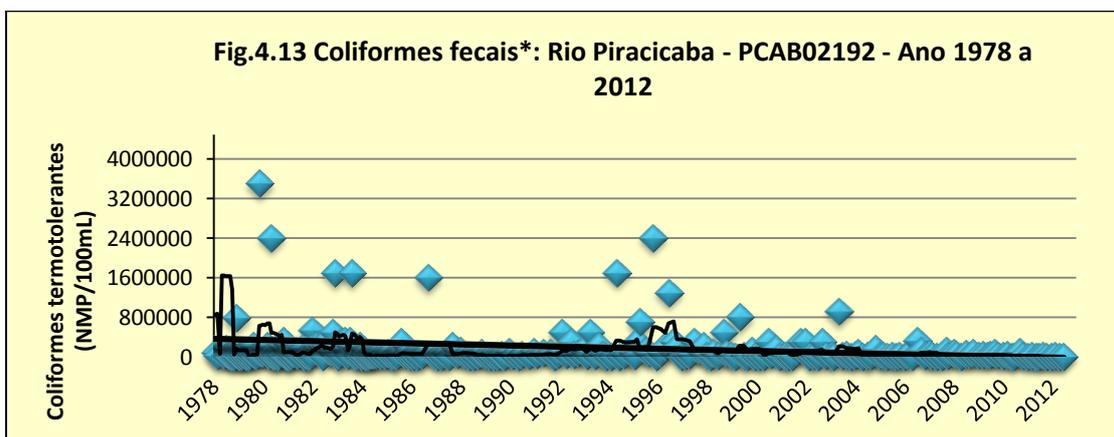
Fig.4.11 - PH: Rio Piracicaba - PCAB02192 - Ano 1978 a 2012



O oxigênio dissolvido apresenta valores extremamente baixos (Fig. 4.12). Os valores inferiores a 3 mg/L podem causar efeitos agudos em peixes (US.EPA, 1986a), o que explicaria as frequentes mortandades de peixes na região do Piracicaba.



Contrariamente aos parâmetros acima descritos, o número de coliformes termotolerantes diminuiu nestes últimos 10 anos (Figura 4.13). No entanto, pode-se notar que essa significância se deve provavelmente às maiores variações dos dados nos 10 primeiros anos de monitoramento e que influencia na inclinação da linha de tendência linear, pois os valores médios desde 1978 está em torno de 100.000 coliformes/100mL.



* eliminado o valor de 22×10^6 UFC/100mL referente ao mês de setembro de 1978

Os metais, assim como turbidez e manganês, se mantiveram em níveis constantes ou abaixo do nível de detecção de cada método analítico.

4.1.3 Ponto Rio Piracicaba PCAB02800 – (em Artemis)

Nesse período de 1978 a 2012 é muito nítido o aumento do fósforo total, orto-fosfato, N-amoniacal, nitrito, nitrato, cloreto, condutividade, DBO, pH, sólidos totais, sólidos dissolvidos e diminuição dos valores de OD (Figuras 5.1 a 5.12).

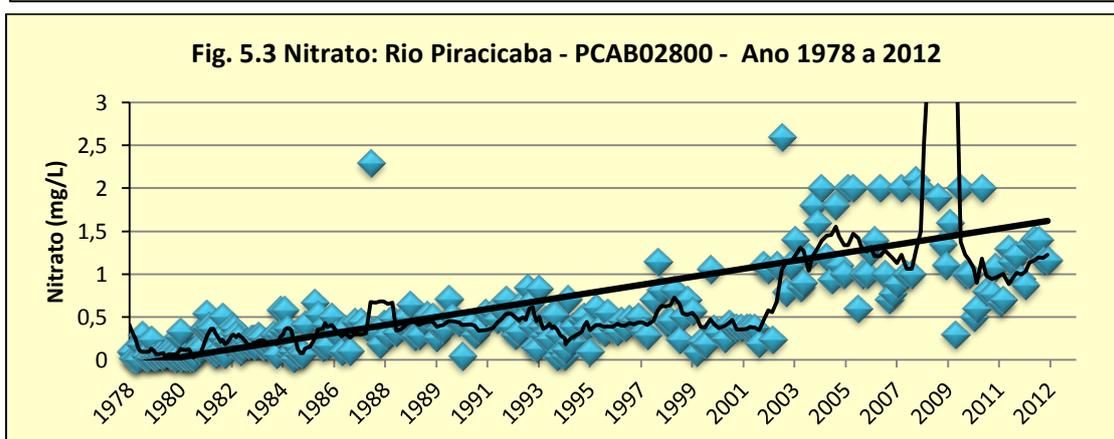
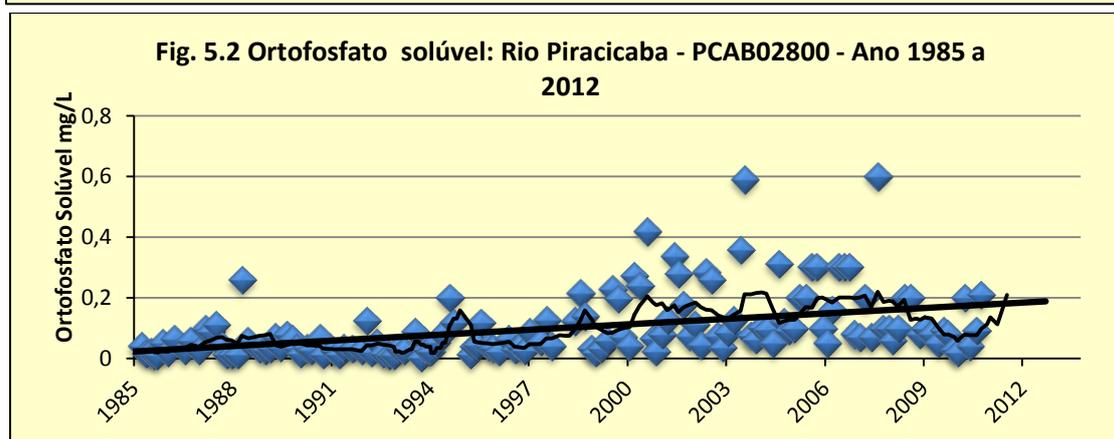
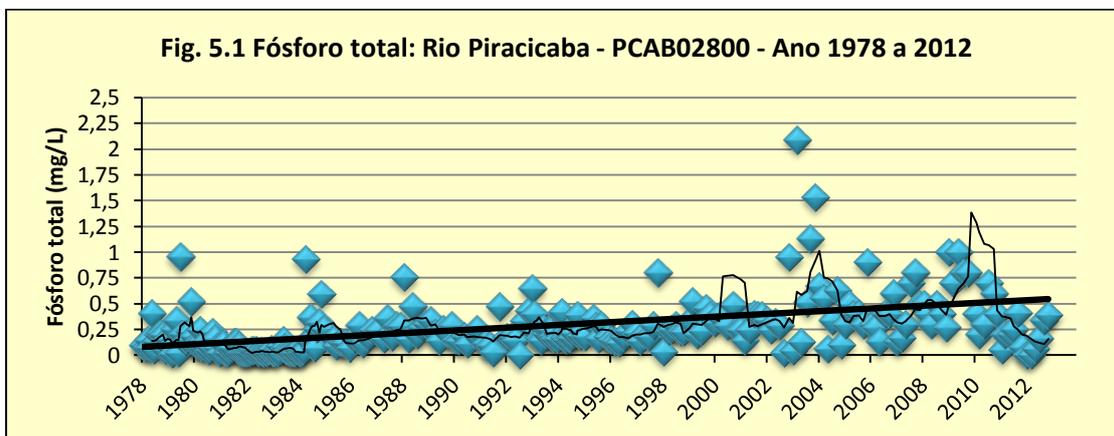


Fig. 5.4 Nitrito: Rio Piracicaba - PCAB02800 - Ano 1978 a 2012

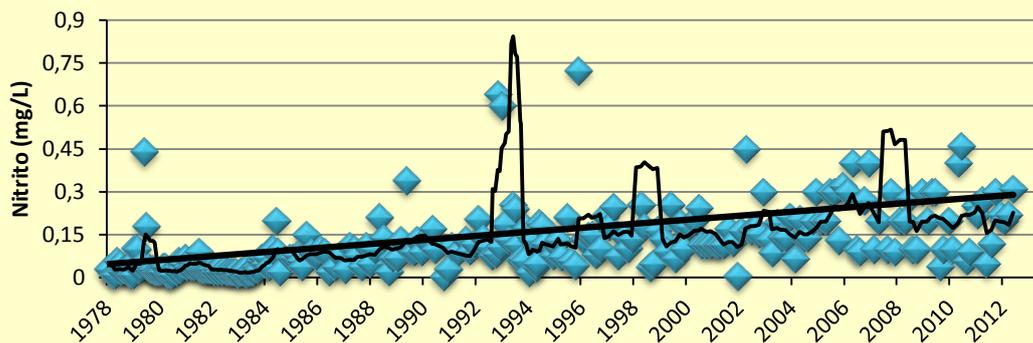


Fig. 5.5 Nitrogênio Amoniacal: Rio Piracicaba - PCAB02800 - Ano 1978 a 2012

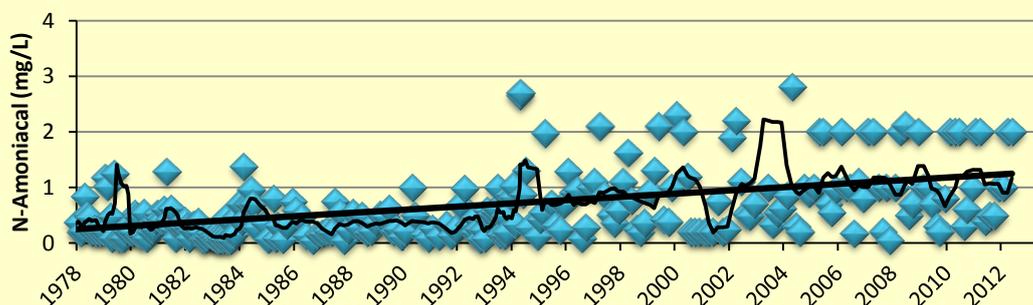


Fig. 5.6 Cloreto total: Rio Piracicaba - PCAB02800 - Ano 1978 a 2012

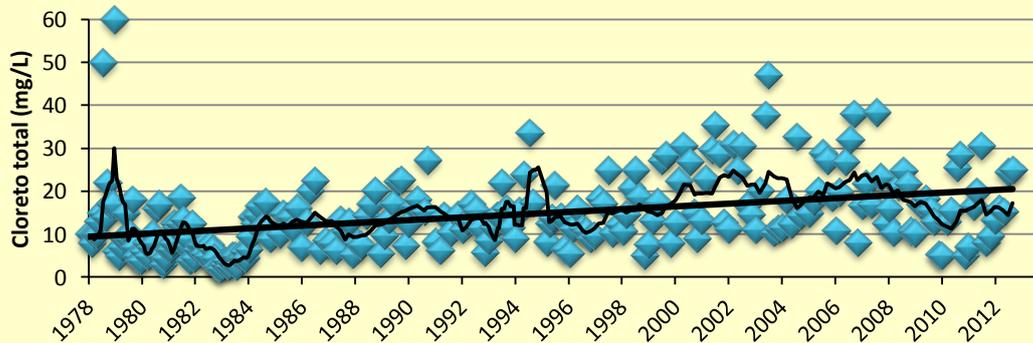


Fig. 5.7 Condutividade: Rio Piracicaba - PCAB02800 - Ano 1986 a 2012

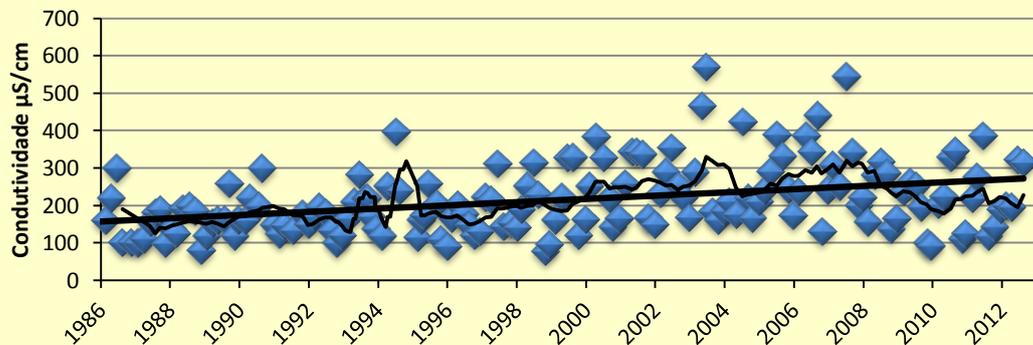


Fig. 5.8 PH: Rio Piracicaba - PCAB02800 - Ano 1978 a 2012

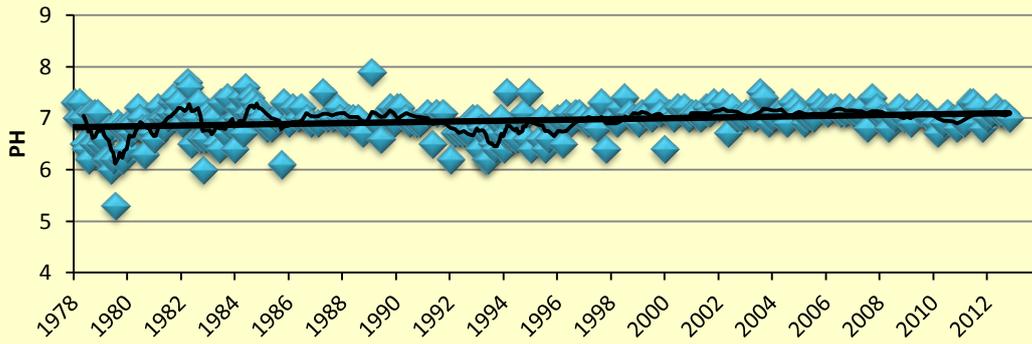


Fig. 5.9 Sólidos dissolvidos: Rio Piracicaba - PCAB02800 - Ano 1979 a 2012

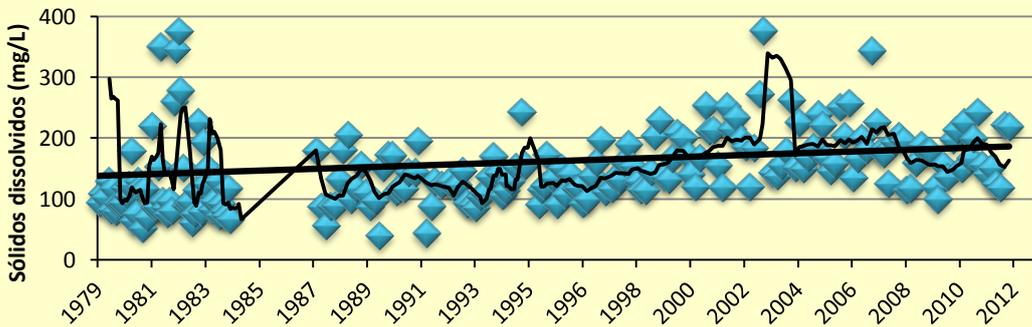


Fig. 5.10 Sólidos totais: Rio Piracicaba - PCAB02800 - Ano 1978 a 2012

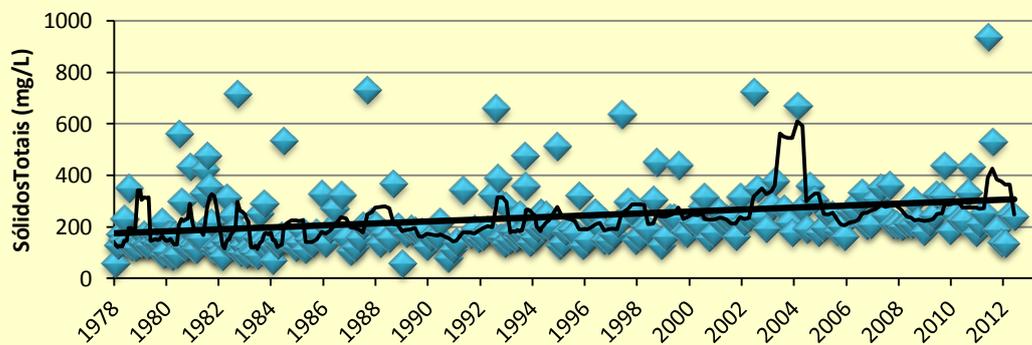
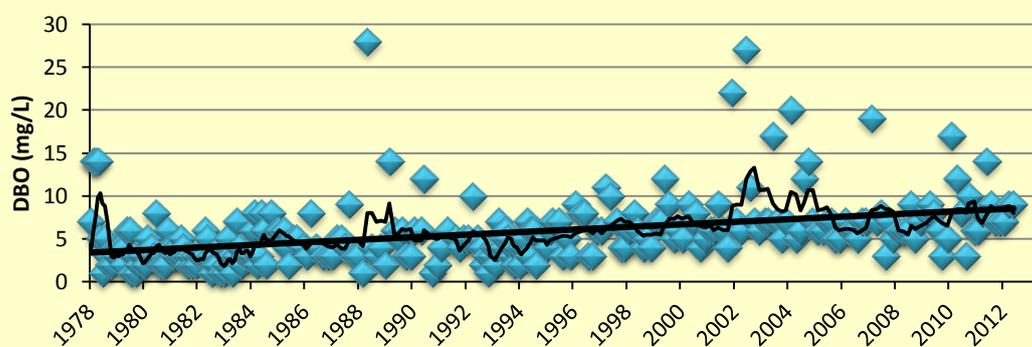
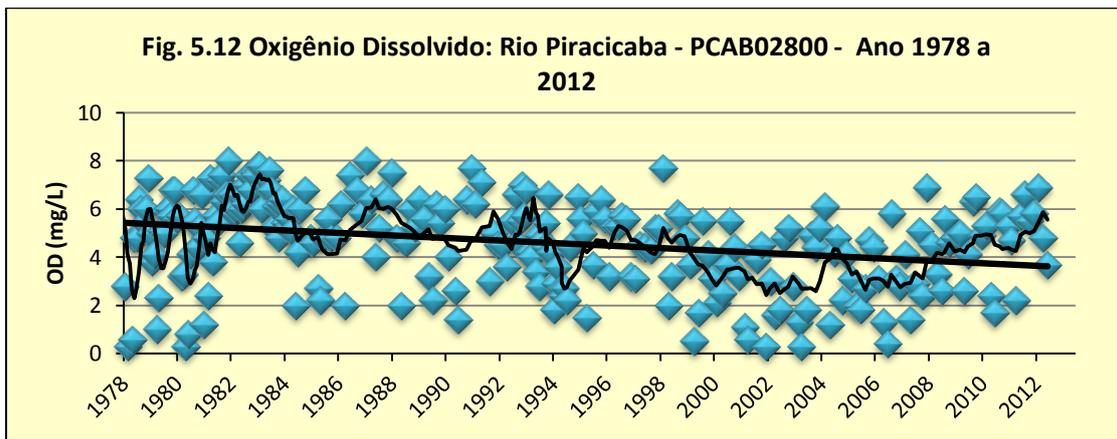
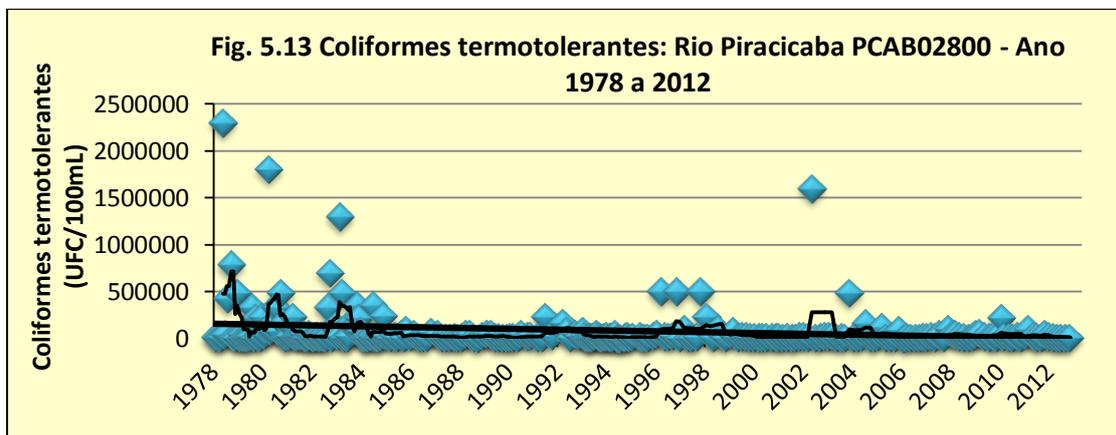


Fig.5.11 DBO: Rio Piracicaba - PCAB02800 - Ano 1978 a 2012





Em termos estatísticos, o número de coliformes termotolerantes diminuiu (Figura 5.13), no entanto, pode também ter sido influenciado pela maior variação de dados nos 10 primeiros anos de monitoramento.



Durante esses 35 anos, se mantiveram praticamente estáveis os níveis dos seguintes parâmetros: N-Kjeldahl, manganês, todos os metais, turbidez e substâncias tensoativas.

Com o intuito de comparar a qualidade das águas dos pontos desse rio, na tabela 3 estão representados os parâmetros que tiveram uma variação significativa em termos de poluição hídrica nesses últimos 35 anos de monitoramento.

Esses dados revelam que, para todos esses pontos monitorados do Rio Piracicaba, houve um aumento significativo de N-amoniaco, nitrato, nitrito, fósforo total, cloreto, sólidos dissolvidos, condutividade, DBO e uma diminuição do nível de oxigênio dissolvido na água, significando, portanto, um aumento da poluição hídrica.

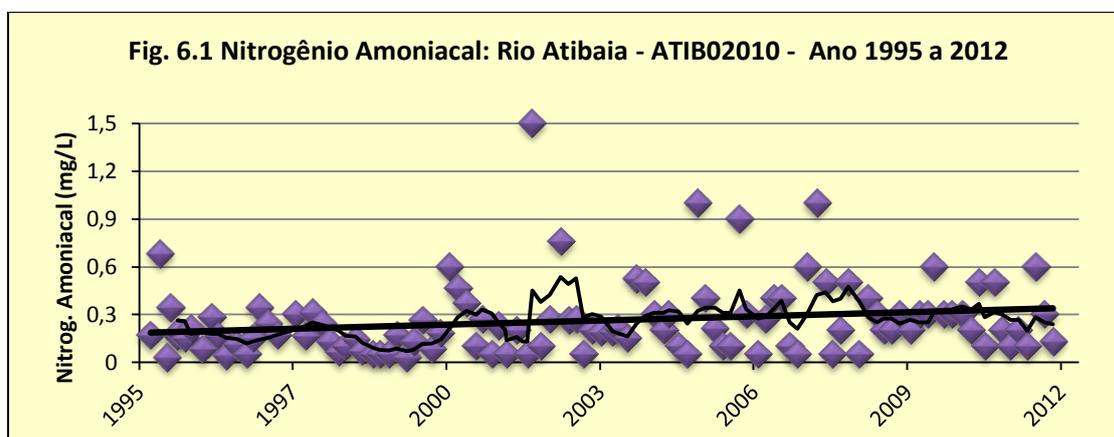
Tabela 3 Parâmetros monitorados no Rio Piracicaba, cujos valores aumentaram significativamente em termos de poluição hídrica (+); (-) não existe diferença significativa ou (<) diminuíram valores.

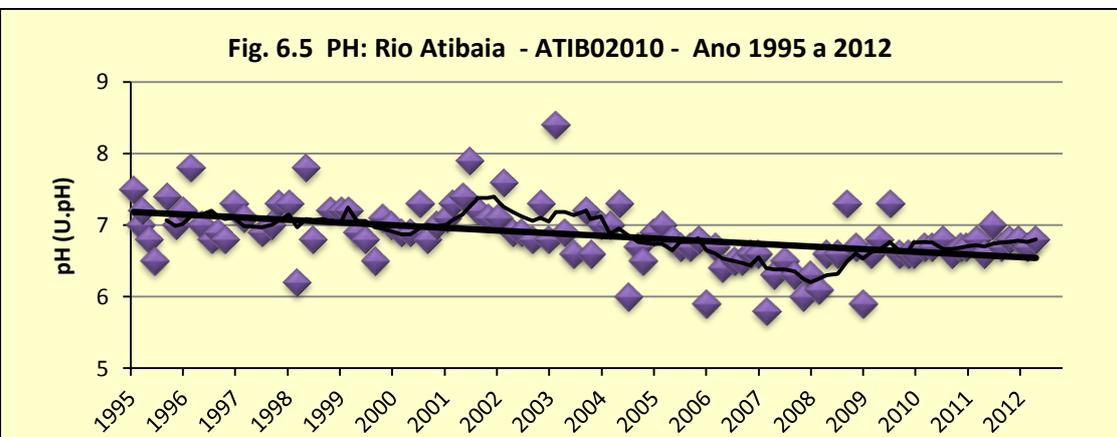
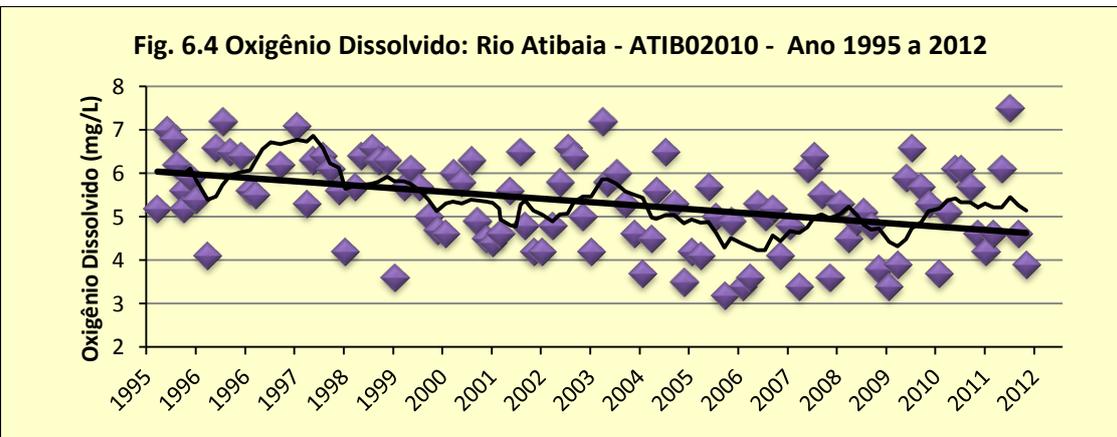
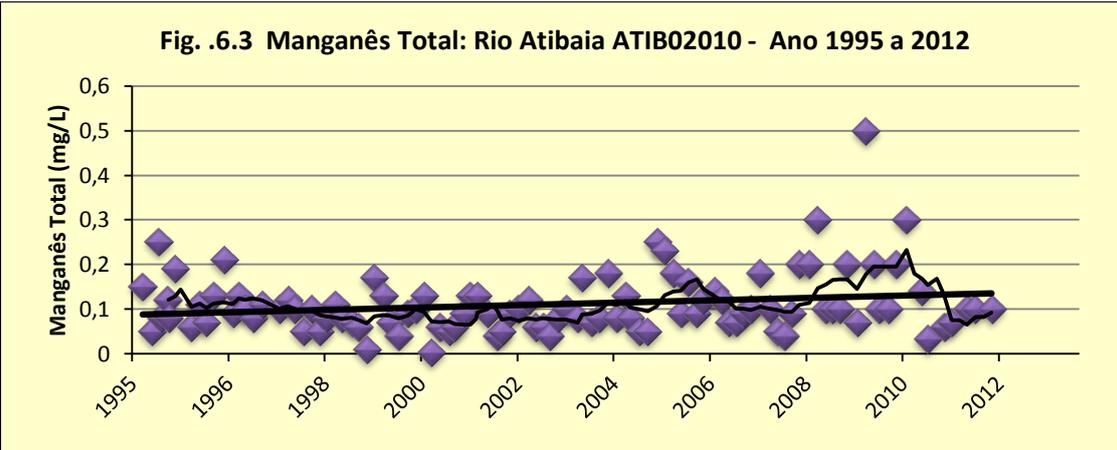
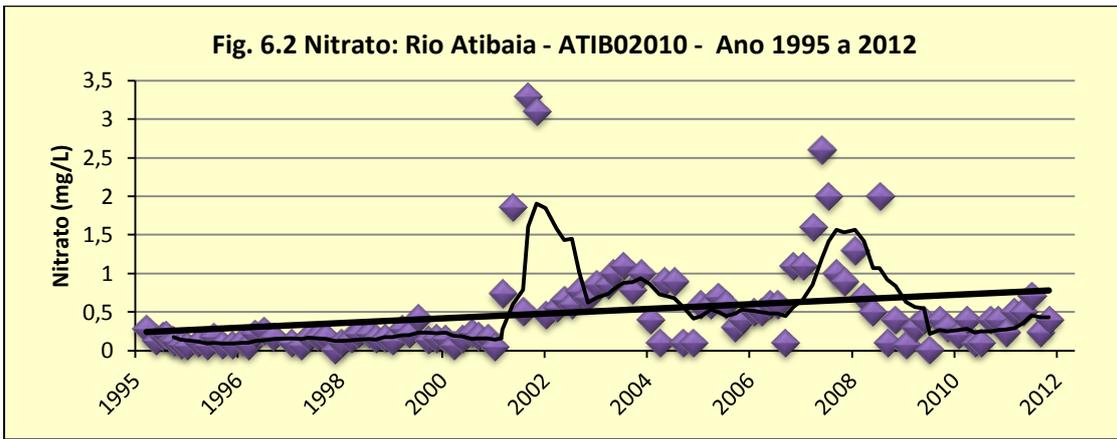
Parâmetros (mg/L)	Pontos de coleta Rio Piracicaba		
	PCAB2135 Limeira	PCAB2192 Monte Alegre	PCAB2800 Artemis
N-amoniacoal	+	+	+
Nitrato	+	+	+
Nitrito	+	+	+
N-Kjeldahl	-	+	-
Fósforo total	+	+	+
Cloreto	+	+	+
Condutividade	+	+	+
DBO	+	+	+
Sólidos totais	+	-	+
Sólidos dissolvidos	+	+	+
Sub.tensoativas	+	+	-
OD	+	+	+
pH	-	+	+
Coliformes	-	<	<

4.1.4 Ponto Rio Atibaia ATIB 02010 – (próximo à captação de Atibaia)

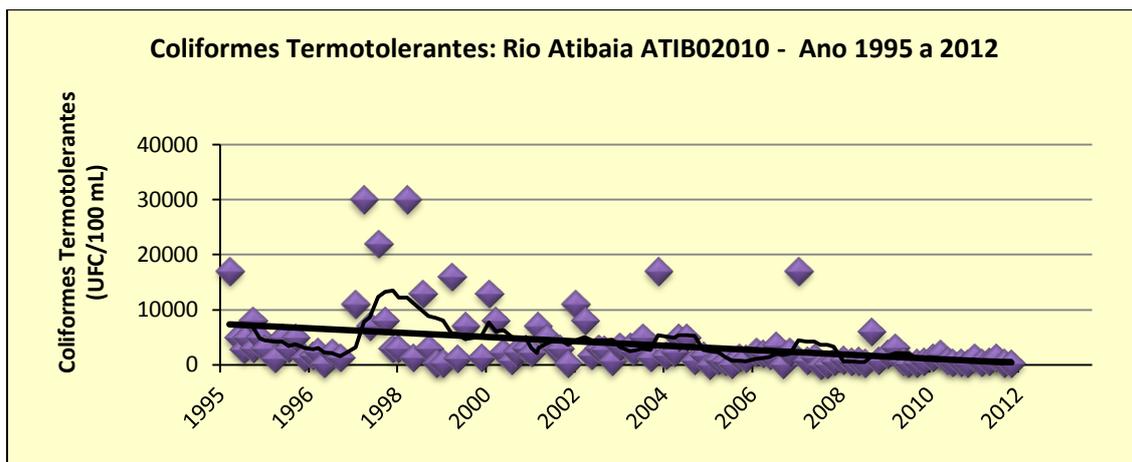
A amostragem nesse ponto de coleta teve início em 1995 e por isso a aplicação da análise estatística fica limitada a esse período de monitoramento.

Nesse ponto houve também um aumento significativo dos teores de N-amoniacoal, nitrato e manganês total (Fig. 6.1 a 6.3), e também um decréscimo do OD (Fig. 6.4) e do pH (Fig. 6.5). Os baixos valores de pH inferem despejos de efluentes líquidos de origem não doméstica.





O nível de coliformes termotolerantes diminuiu significativamente nos últimos anos (Fig.6.6)

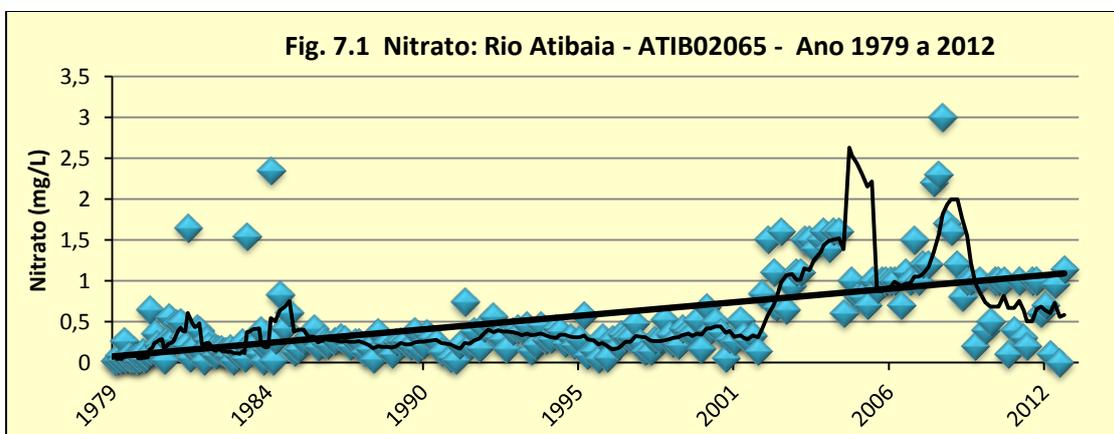


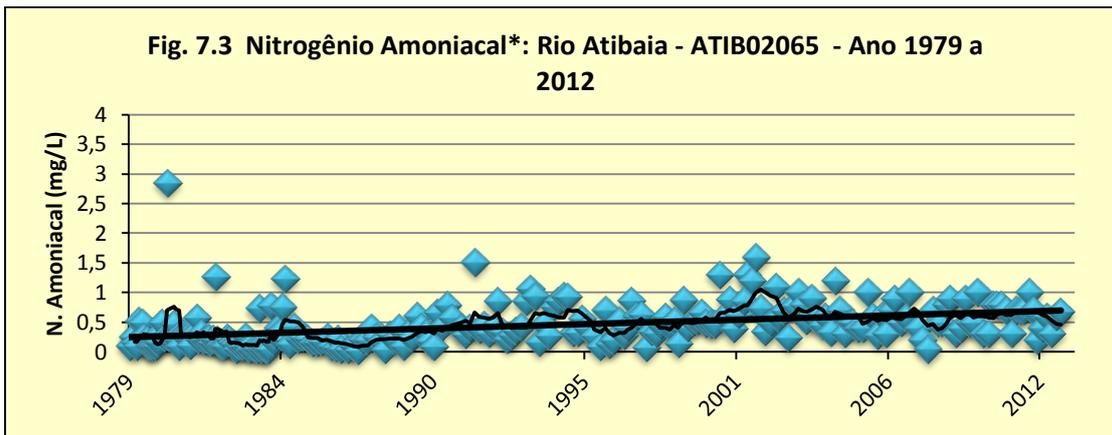
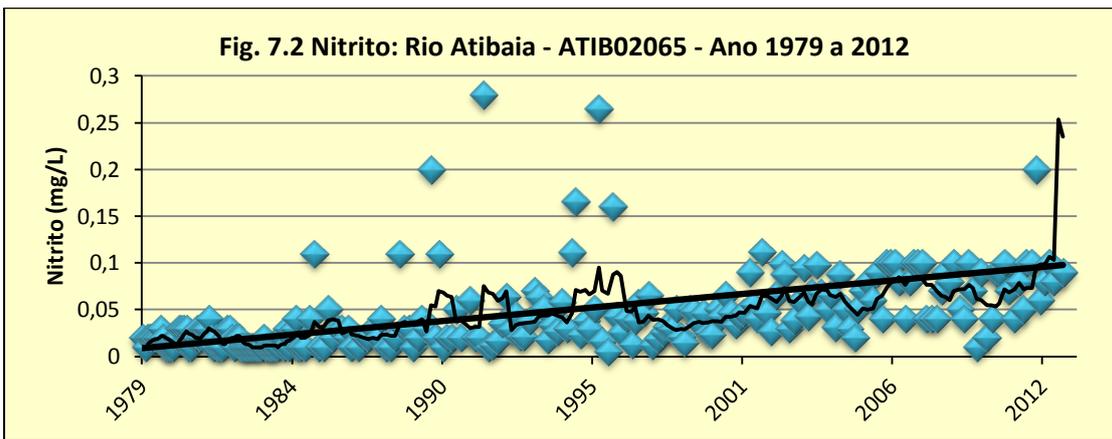
Os parâmetros clorofila e feofitina, embora tenham mostrado um decréscimo de seus níveis nesse ponto, ao longo dos 18 anos de monitoramento, não foram considerados nessa avaliação uma vez que todos os gráficos de clorofila mostraram uma flutuação muito grande dos resultados no período de 1999 a 2005, provavelmente devido ao início da implantação de metodologia analítica para essa finalidade.

4.1.5 Ponto Rio Atibaia ATIB 02065 – (na captação de Campinas)

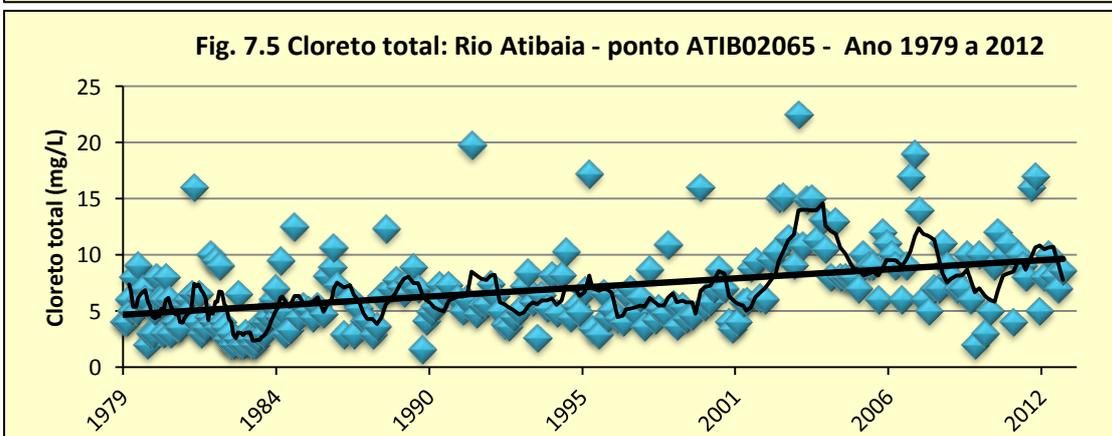
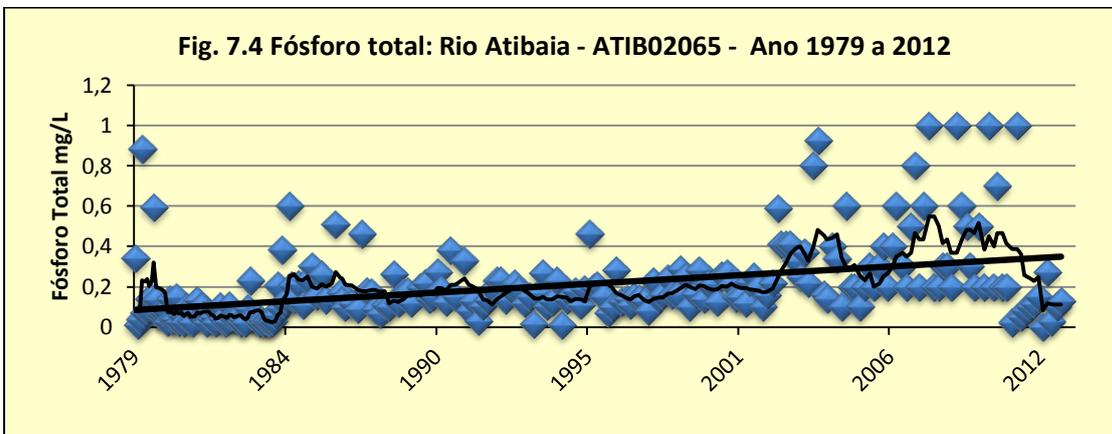
O monitoramento da qualidade das águas, nesse ponto, teve início em 1979.

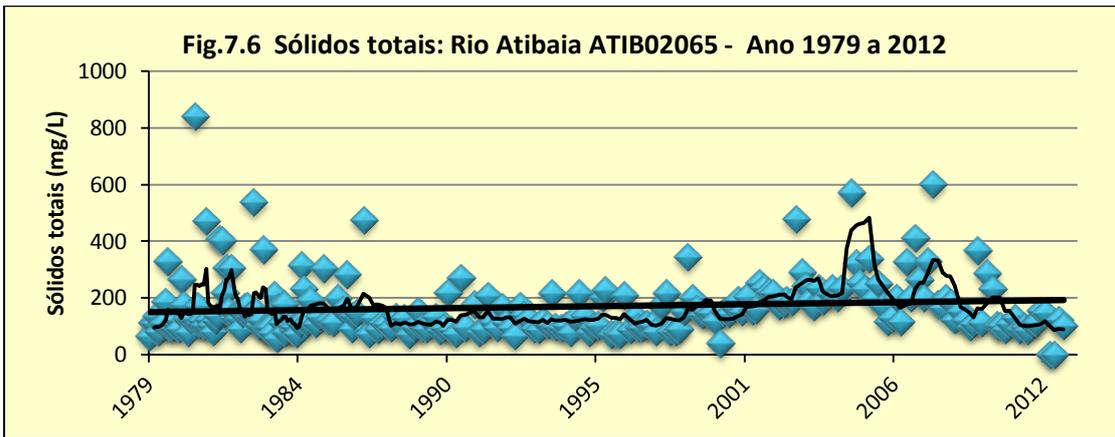
Da série de nitrogênio, verifica-se um aumento significativo do nitrato, nitrito e N-amoniaco, assim como do fósforo total, cloreto total e sólidos totais (Figuras. 7.1 a 7.6)



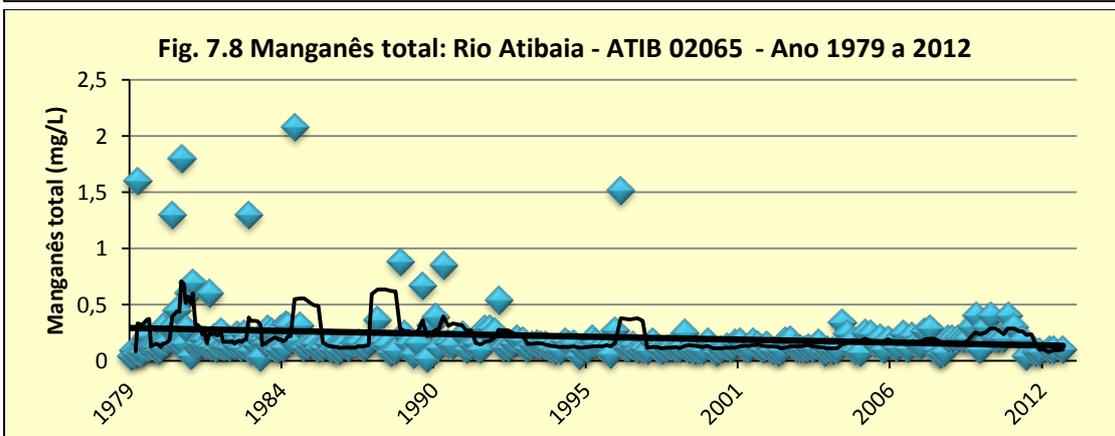
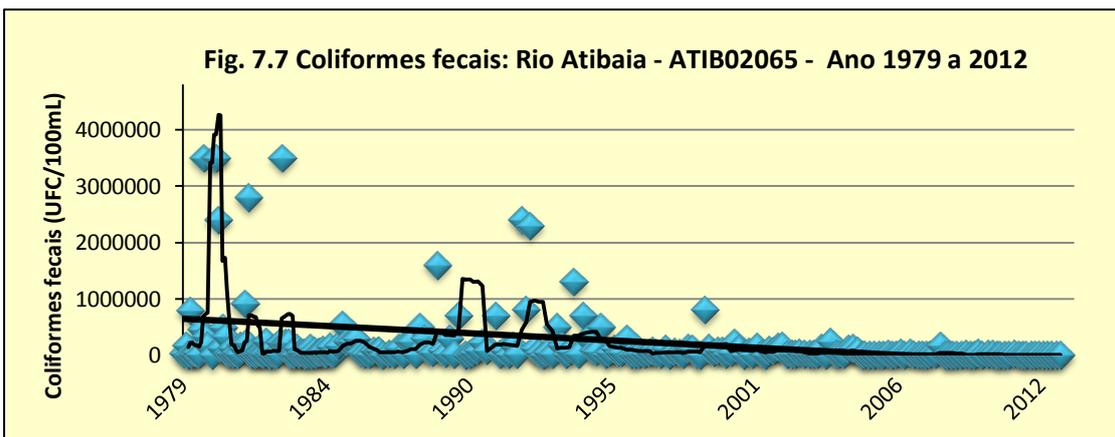


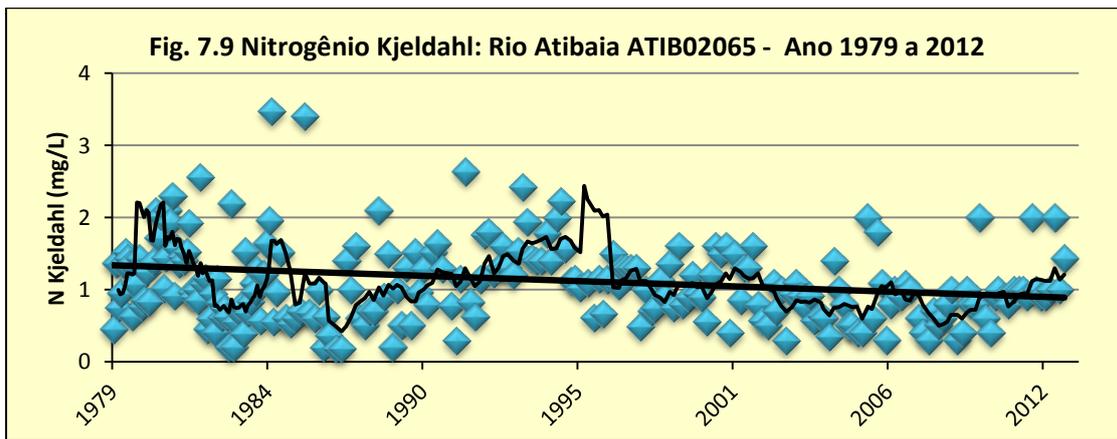
* Foram eliminados os valores de 6,56mg/L de novembro 2005 e 19mg/L de julho de 2007



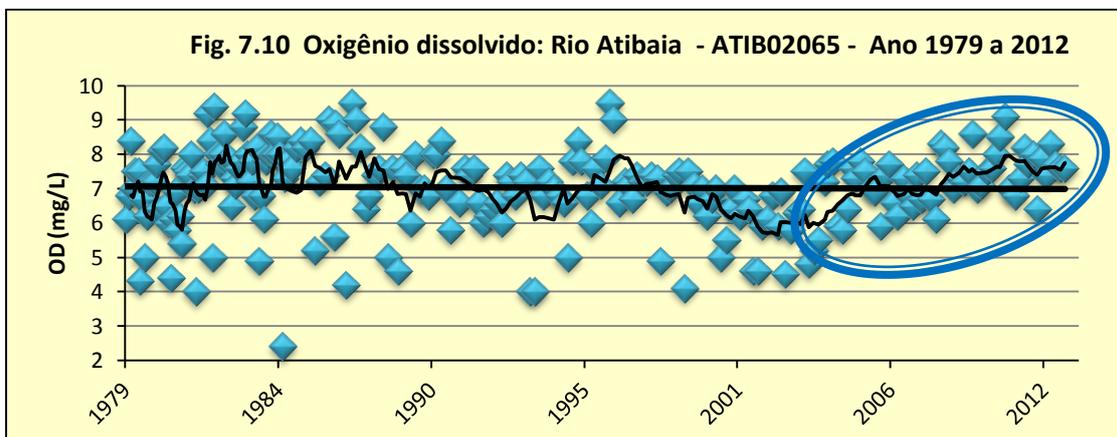


Estatisticamente o coliforme termotolerante (Fig.7.7), o manganês (Fig. 7.8) e o N-Kjeldhal (Fig.7.9) diminuíram seus valores ao longo dos anos. Os dados desses parâmetros tiveram uma variabilidade maior nos 10 primeiros anos de monitoramento e podem ter influenciado na linha de tendência, fato esse observado pela média móvel.





Esse ponto do Rio Atibaia não evidencia uma forte contaminação por esgotos domésticos quando comparado aos demais pontos do Rio Piracicaba, pois o teor de oxigênio, embora tenha tido um ligeiro declínio até 2003, tem aumentado nestes últimos 10 anos (Fig.7.10).



4.1.6 Ponto Rio Atibaia ATIB 02605 – (Rodovia SP 332 Campinas/Cosmópolis)

Período de monitoramento da qualidade das águas de 1978 a 2012.

Assim como os demais pontos do Rio Atibaia, os metais não evidenciaram qualquer aumento, embora em algumas amostras os níveis de alguns metais ultrapassem os valores legais.

As análises estatísticas dos 10 primeiros anos de dados com os 10 últimos mostram que o nível de fósforo total, nitrato, nitrito, cloreto, condutividade, sólidos totais e dissolvidos e pH aumentaram significativamente (Figs. 8.1 a 8.8).

Fig. 8.1 Fósforo total: Rio Atibaia - ATIB 02605 - Ano 1978 a 2012

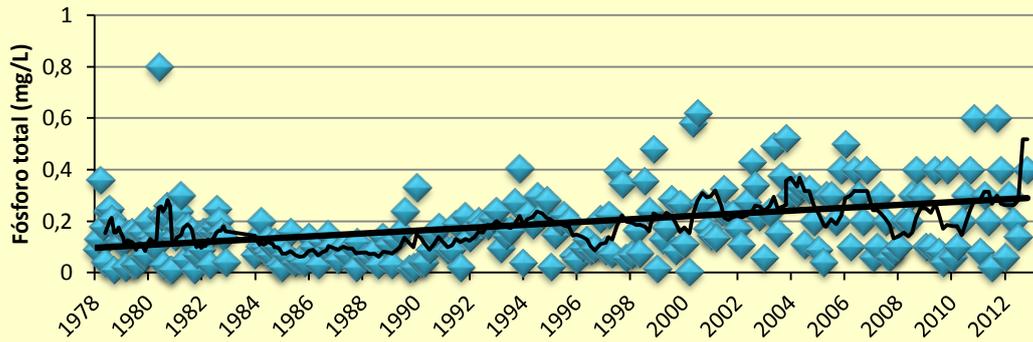
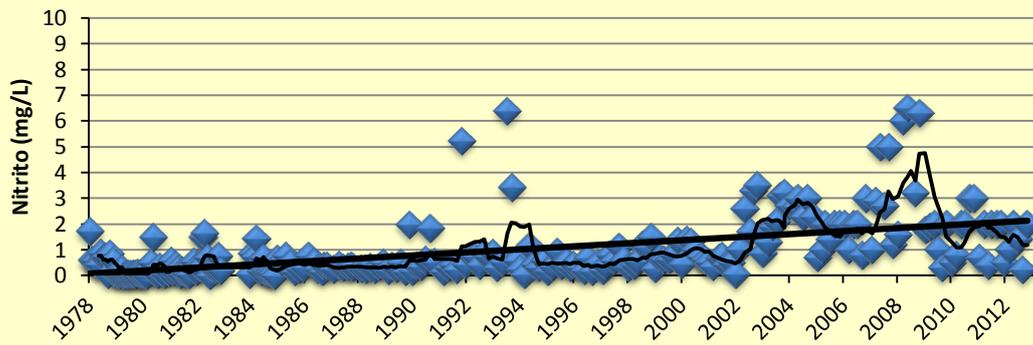


Fig. 8.2 Nitrito*: Rio Atibaia - ATIB02605 - Ano 1978 a 2012



* Foi eliminado o valor de nitrito de 35mg/L de julho/2008

Fig. 8.3 Nitrito: Rio Atibaia - ATIB02605 - Ano 1978 a 2012

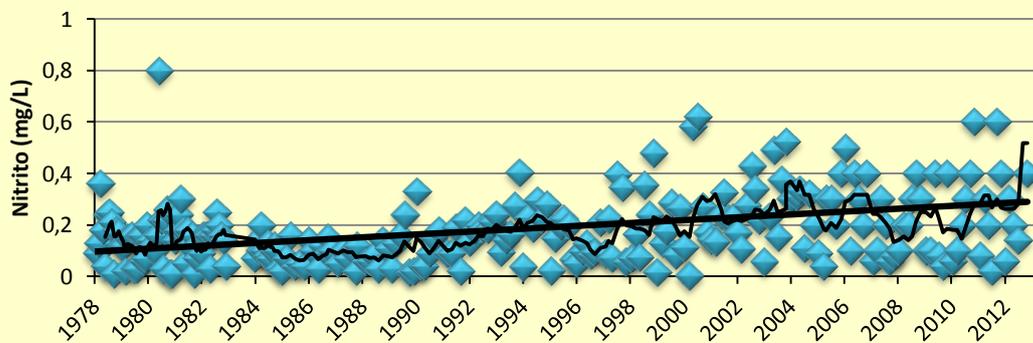


Fig. 8.4 Cloreto total: Rio Atibaia - ATIB 2605 - Ano 1978 a 2012

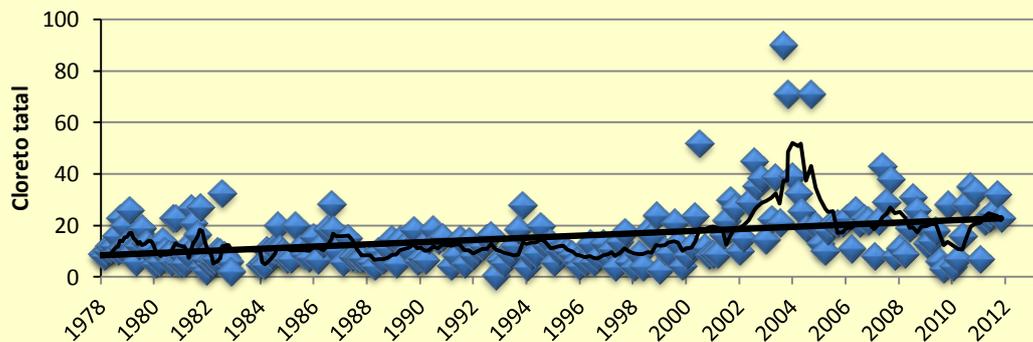


Fig. 8.5 Condutividade: Rio Atibaia - ATIB 2605 - Ano 1986 a 2012

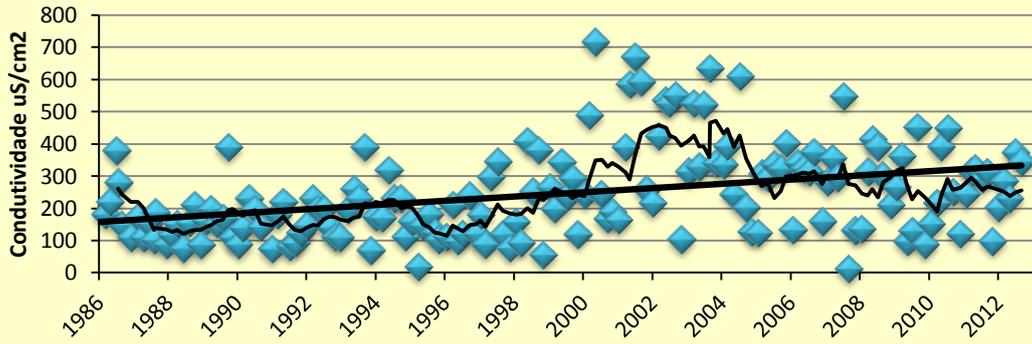


Fig. 8.6 Sólidos totais: Rio Atibaia - ATIB 02605 - Ano 1978 a 2012

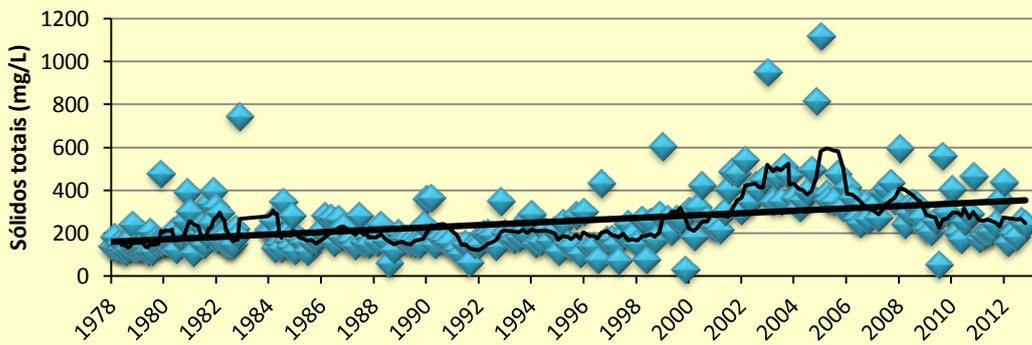


Fig. 8.7 Sólidos dissolvidos: Rio Atibaia - ATIB 02605 - Ano 1979 a 2012

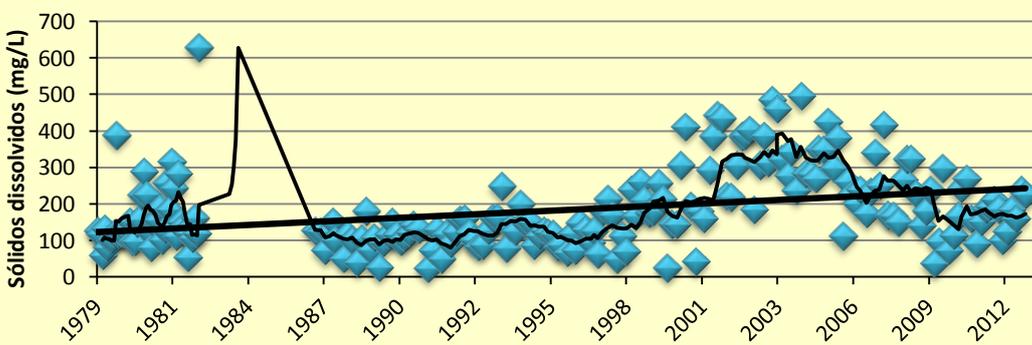
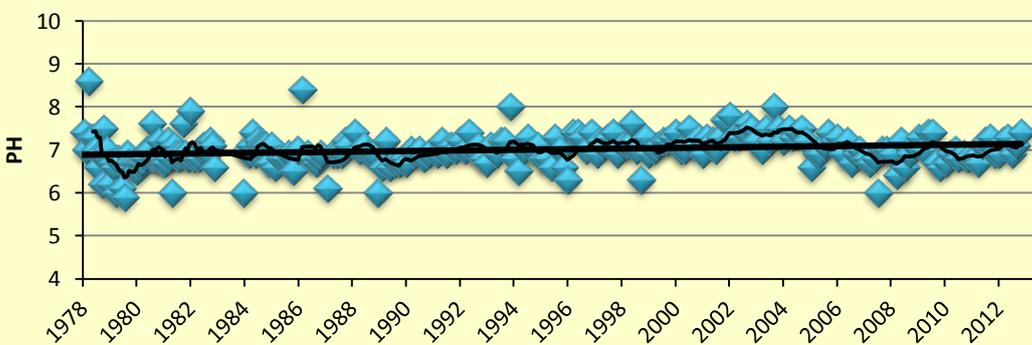
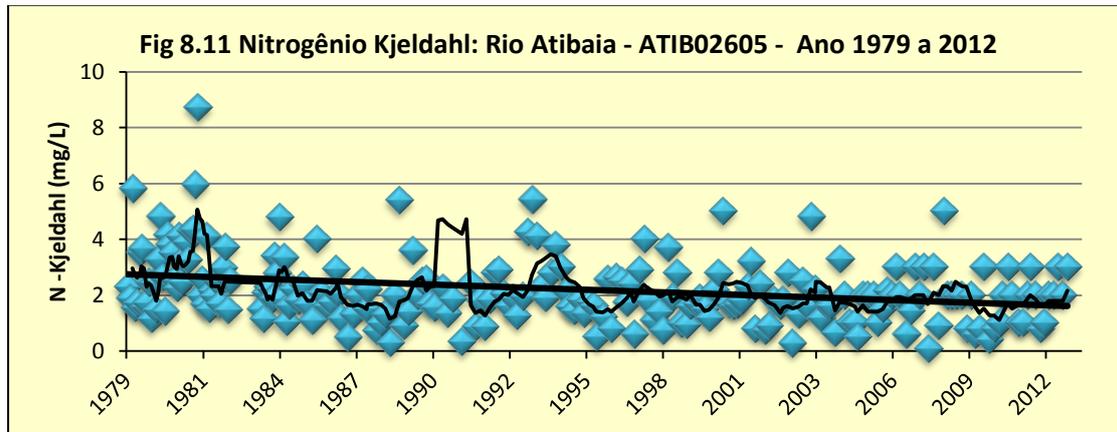
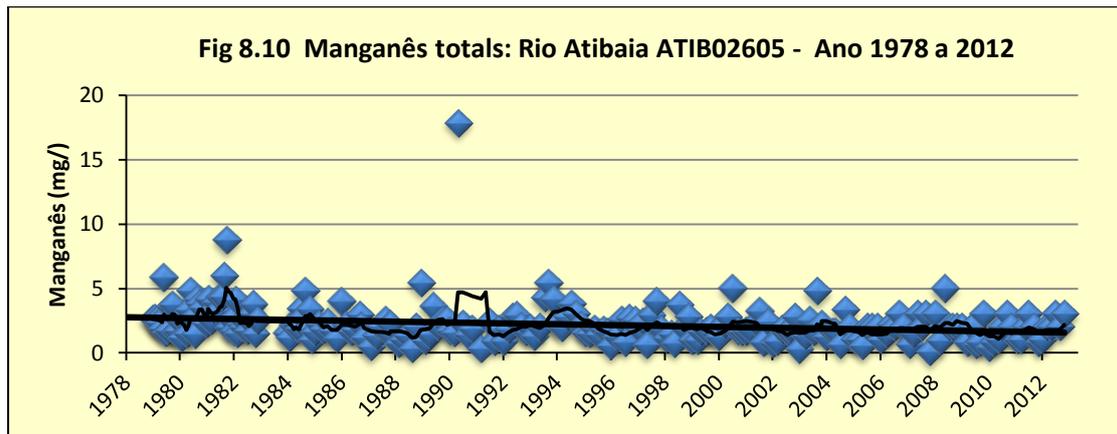
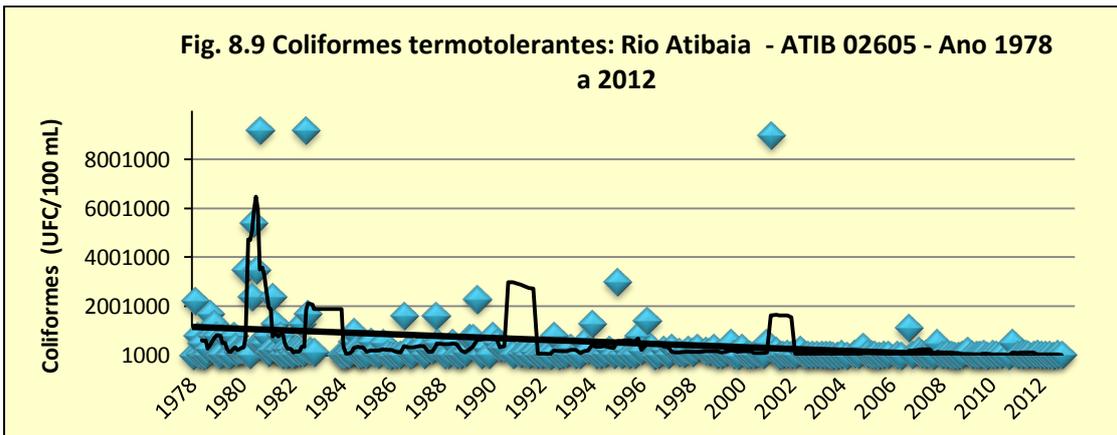
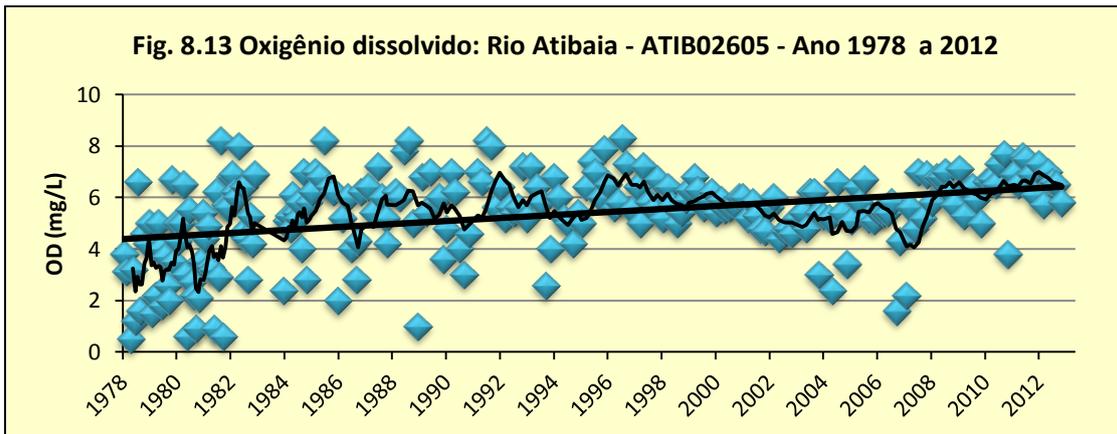


Fig.8.8 PH: Rio Atibaia - ATIB 02605 - Ano 1978 a 2012



Os teores dos parâmetros coliformes termotolerantes, manganês, N-Kjeldahl e substâncias tensoativas diminuíram ao longo dos anos (Figs. 8.9 a 8.11). Para os parâmetros coliformes e manganês, os mais altos e dispersos valores nos 10 primeiros anos podem ter influenciado nos cálculos, uma vez que a média móvel mostra essa maior dispersão em relação à linha de tendência (Fig. 8.9 e 8.12). O oxigênio dissolvido teve uma melhora significativa, passando de aproximadamente 4 mg/L em 1978 para 6 mg/L em 2012 (Fig.8.12).





Os resultados obtidos dos parâmetros monitorados do Rio Atibaia estão resumidos na tabela 4, onde, (+) significa aumento da poluição, (-) não existe diferença significativa e (<) diminuição da poluição. Pela tabela 4 verifica-se que o ponto do rio Atibaia mais a jusante (ATIB02605) teve uma maior diversidade de parâmetros com aumento significativo de seus teores nesses 35 anos de monitoramento, embora o OD e outros parâmetros tenham mostrado uma melhora da qualidade da água.

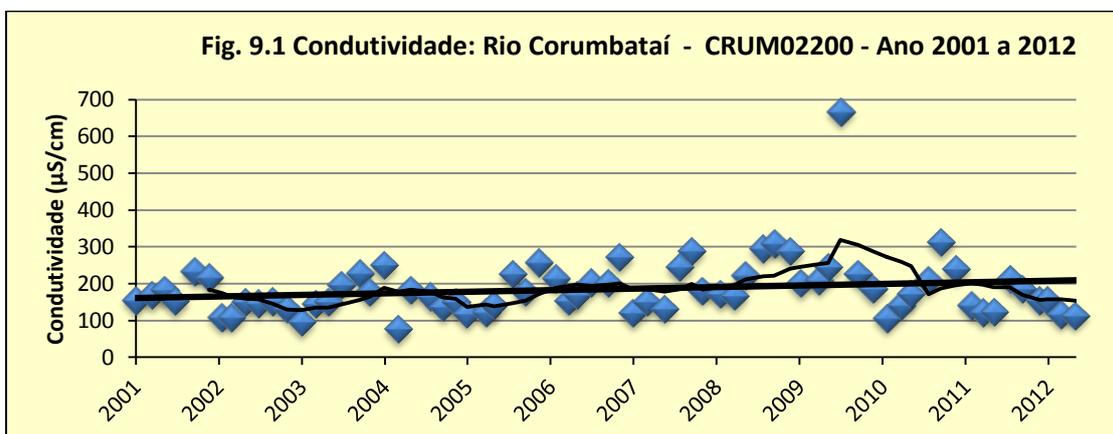
Tabela 4 - Parâmetros monitorados no Rio Atibaia, cujos valores aumentaram (+); (-) não existe diferença significativa ou (<) diminuíram significativamente em termos de poluição hídrica.

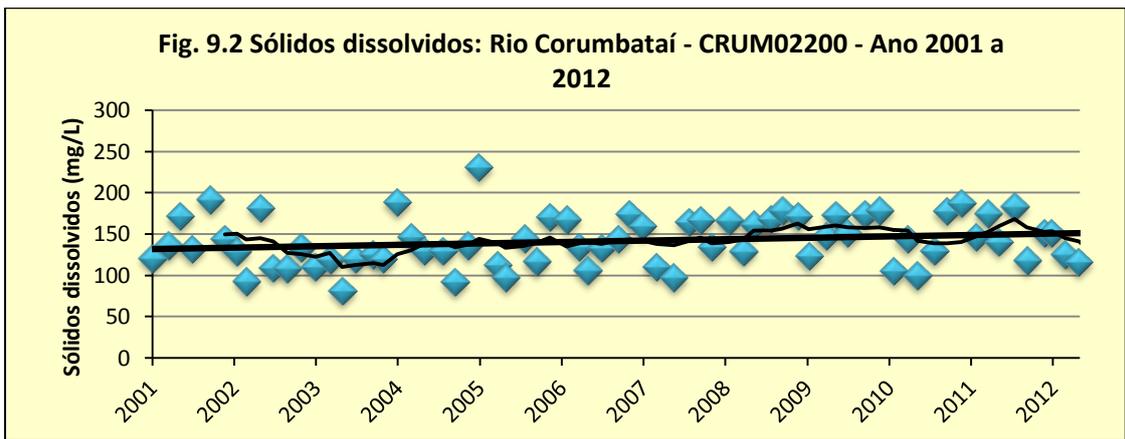
Parâmetros (mg/L)	Pontos de coleta Rio Atibaia		
	ATIB02010 Atibaia	ATIB02065 Cap. Campinas	ATIB02605 Campinas/Cosmópolis
N-amoniacoal	+	+	-
N-Kjeldhal	-	<	<
Nitrato	+	+	+
Nitrito	-	+	+
P-total	-	+	+
Cloreto	-	+	+
Condutividade	-	-	+
Sólidos totais	-	+	+
Sólidos dissolvidos	-	-	+
OD	+	<	<
Subst.tensoativas	-	-	<
pH	+	-	+
Coliformes	<	<	<
Manganês	+	<	<

4.1.7 Ponto Rio Corumbataí CRUM02200 – (na Ponte estrada Assistência/ Paraisópolis, em Rio Claro).

O monitoramento ambiental nesse ponto de amostragem começou em 2001, portanto temos apenas 12 anos de dados, sendo essa uma limitação para a análise estatística, pois os dados foram comparados entre os primeiros e os últimos cinco anos (Anexo A).

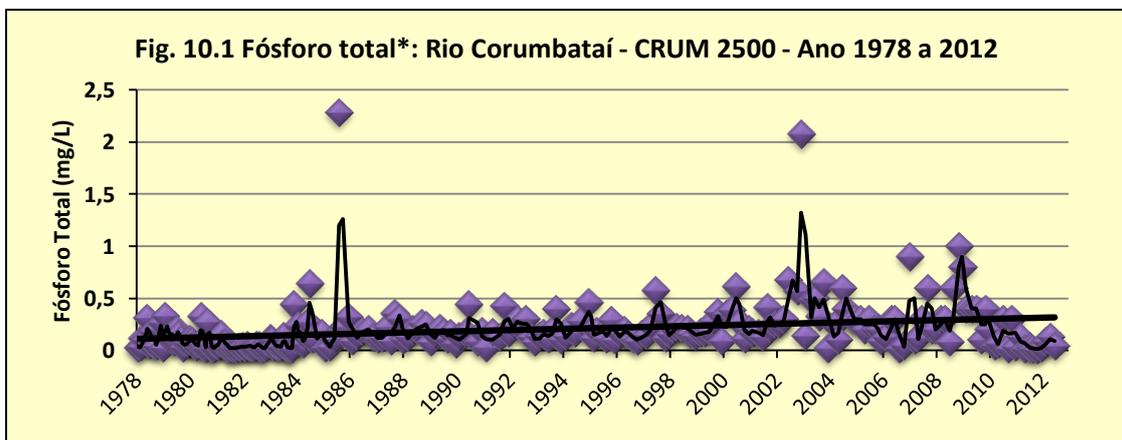
Tomando como base essa análise estatística, nenhum dos parâmetros apresentou aumento ou diminuição, no entanto pode se observar pelas figuras 9.1 e 9.2 que a condutividade e os sólidos dissolvidos tiveram uma ligeira elevação dos seus valores nesse período de monitoramento.



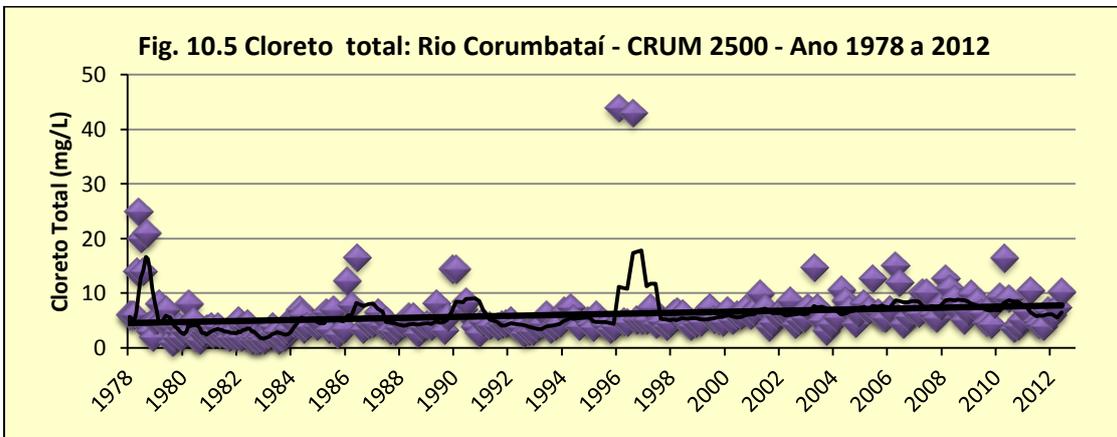
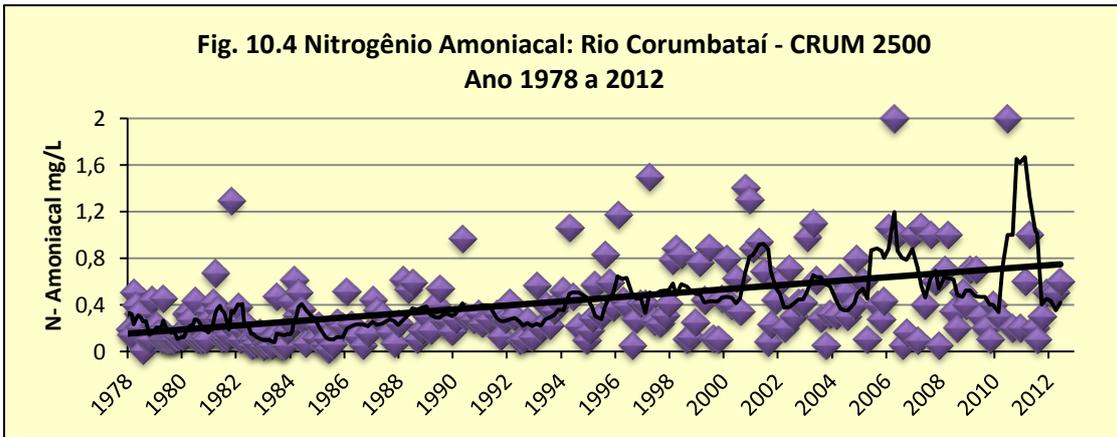
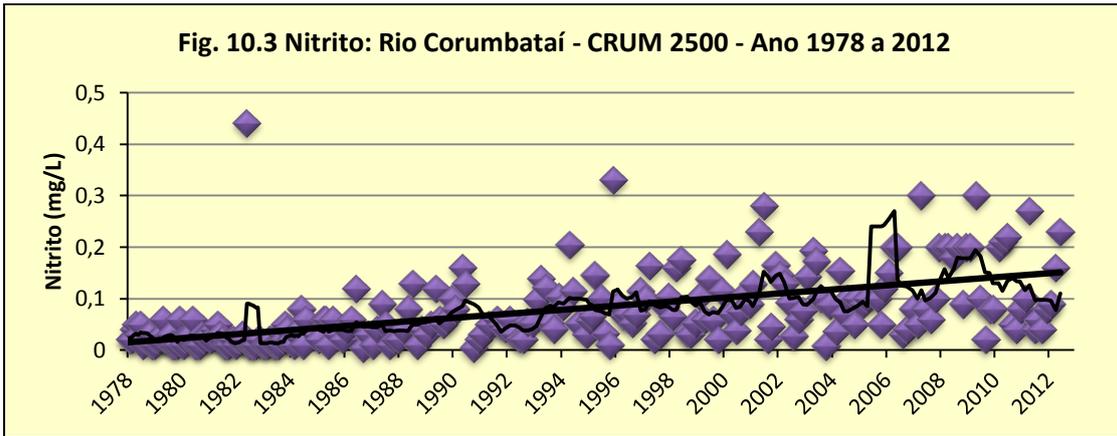
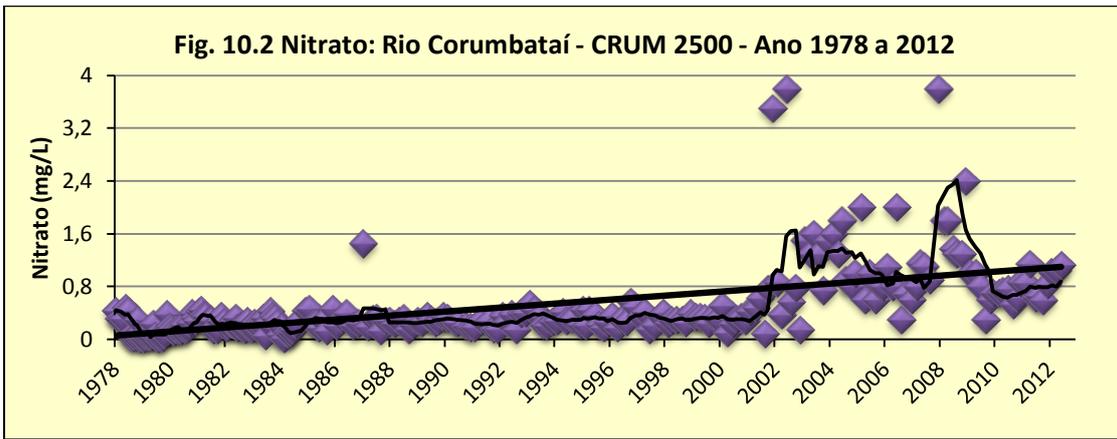


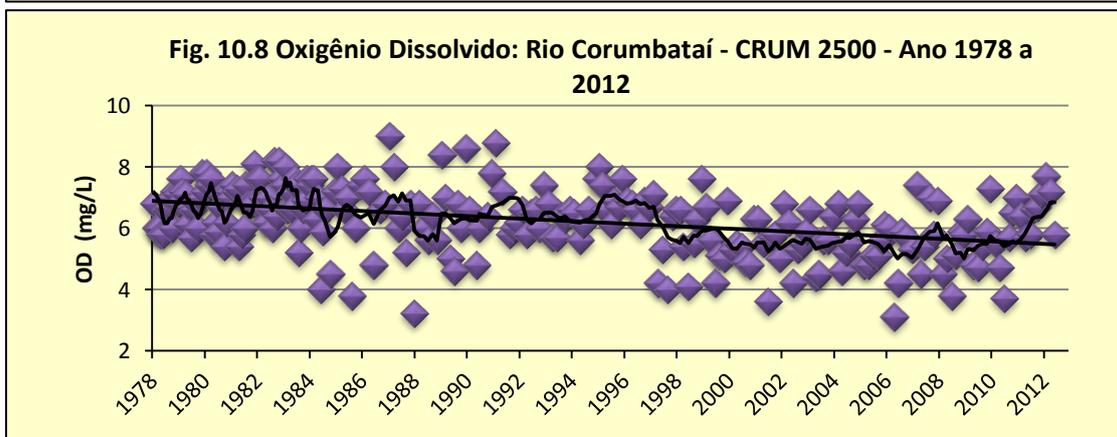
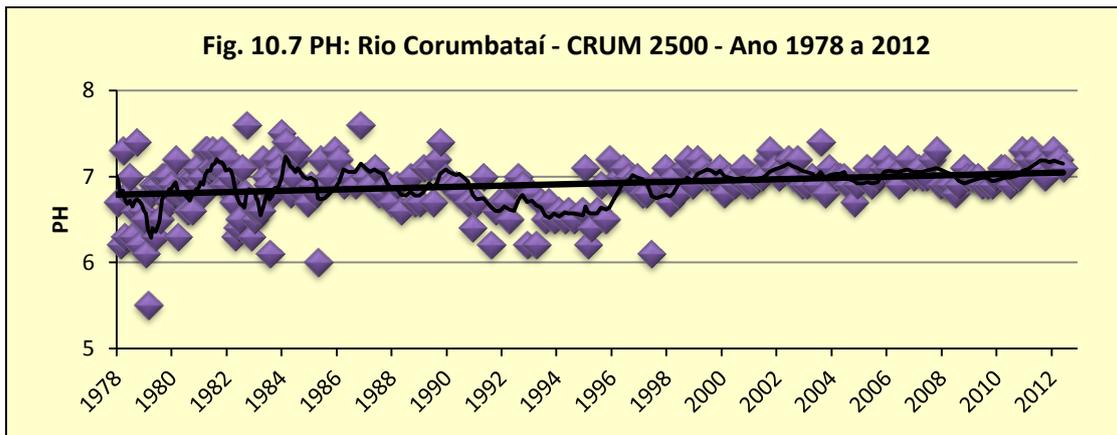
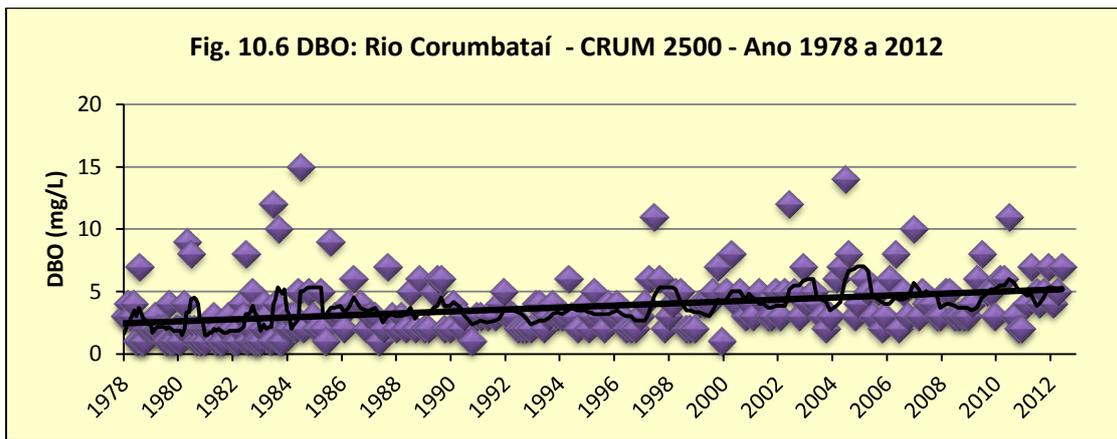
4.1.8 Ponto Rio Corumbataí CRUM02500 – (na captação de Piracicaba)

Verifica-se pelos gráficos das figuras 10.1 a 10.8 que as águas desse rio apresentam uma tendência de aumento significativo dos teores de fósforo total, nitrato, nitrito, N-amoniacal, cloreto, DBO e pH e diminuição dos teores de OD, significando portanto, uma piora da qualidade das águas ao longo desses 35 anos de monitoramento. PALMA-SILVA et al.(2007) realizando um estudo de autodepuração, num trecho desse rio, mostram um acréscimo da poluição das águas desse rio, praticamente nesse ponto, que tem a influência do recebimento dos esgotos da cidade de Rio Claro.

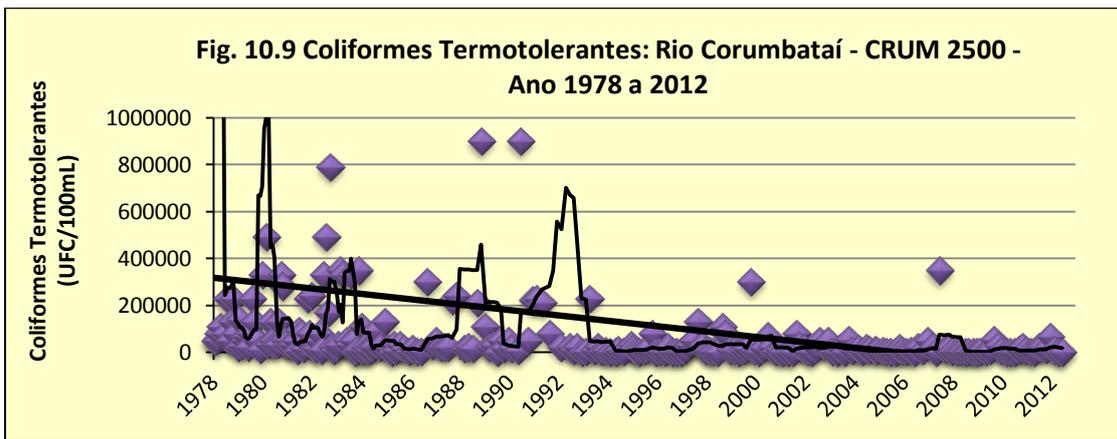


* Foi eliminado o valor de 5,43mg/L de jan/2003





Embora o número de coliformes termotolerantes tenha diminuído nos últimos anos, essa tendência deve ter sido influenciada pela dispersão dos dados entre os anos de 1978 a 1993. Para o parâmetro coliforme, esse é o modelo de gráfico que se obtém para quase todos os pontos dos rios em estudo (Fig. 10.9).



* Foi eliminado o valor de 33×10^6 UFC/100mL de março/1978

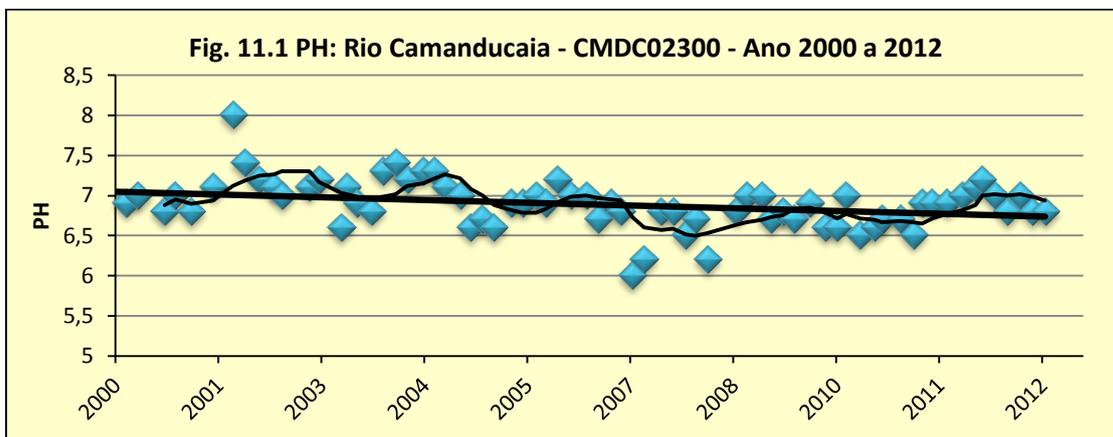
Os resultados obtidos dos parâmetros monitorados do Rio Corumbataí estão resumidos na tabela 5, onde (+) significa aumento da poluição, (-) não existe diferença significativa e (<) diminuição da poluição. Verifica-se que o ponto mais a jusante do Rio Corumbataí (CRUM02500) os teores das principais variáveis indicadoras de poluição tem aumentado.

Tabela 5: Parâmetros monitorados no Rio Corumbataí, cujos valores aumentaram (+) ; (-) não existe diferença significativa ou (<) diminuíram significativamente em termos de poluição hídrica.

Parâmetros (mg/L)	Pontos de coleta Rio Corumbataí	
	CRUM2200 Assistência/Paraisópolis	CRUM 2500 Captação de Piracicaba
N-amoniacal	-	+
Nitrato	-	+
Nitrito	-	+
P-total	-	+
Cloreto	-	+
DBO	-	+
OD	-	+
pH	-	+
Coliformes	-	<

4.1.9 Ponto Rio Camanducaia CMDC2300 – (em Amparo)

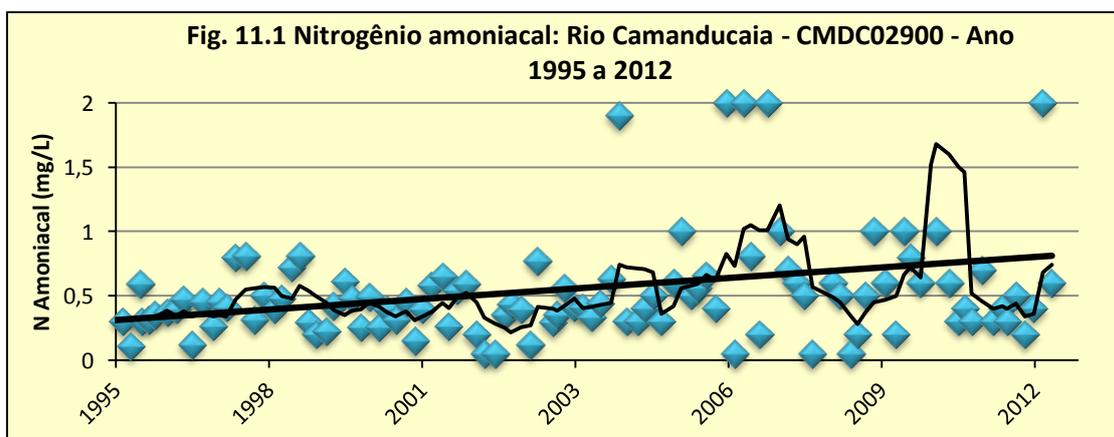
O monitoramento ambiental nesse ponto teve início em 2000, portanto, 13 anos de monitoramento. Dos parâmetros analisados, apenas o pH apresentou uma tendência de diminuição de valores ao longo desse período de amostragem (Fig.11.1).

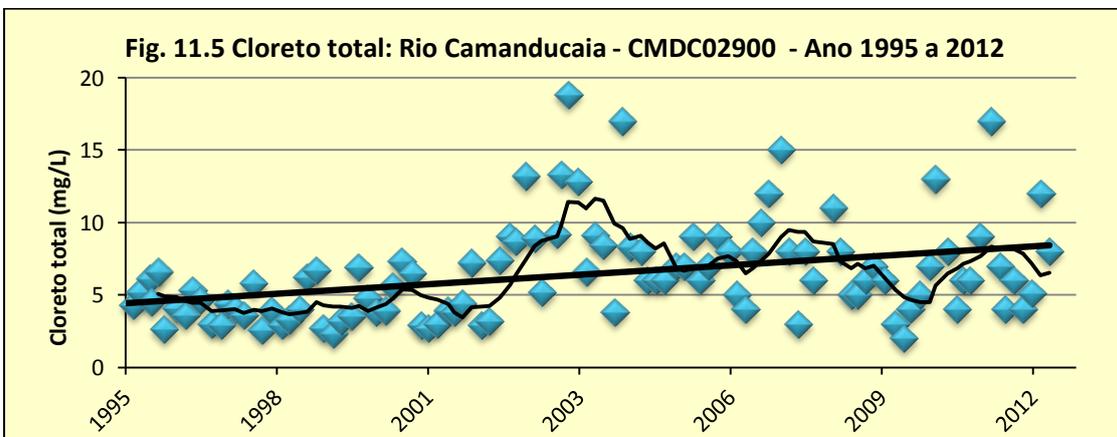
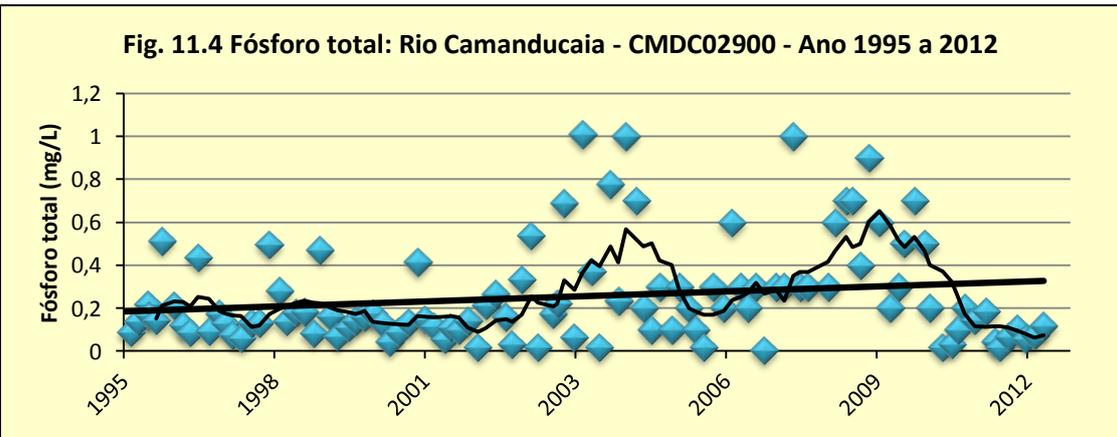
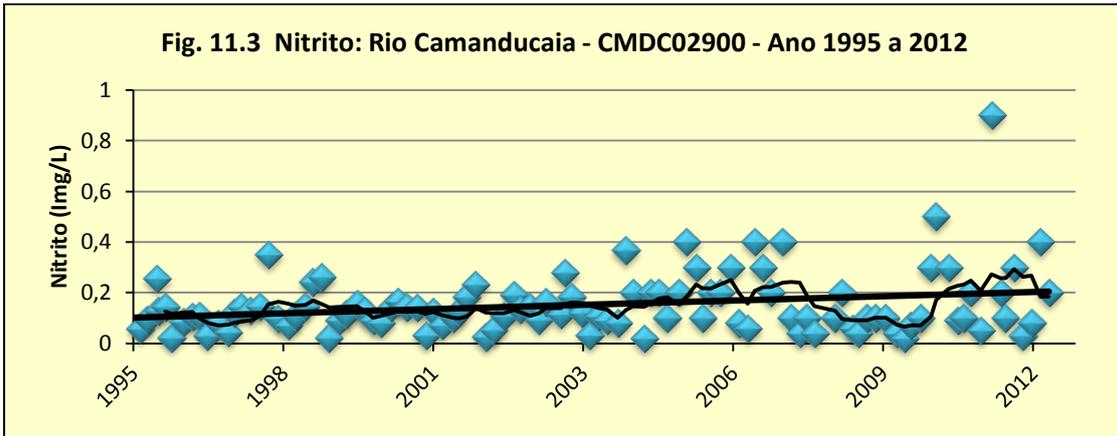
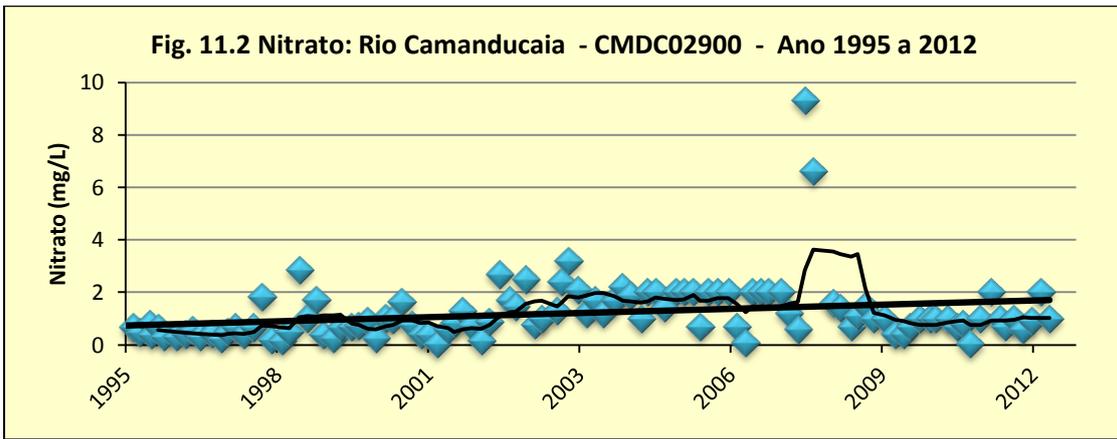


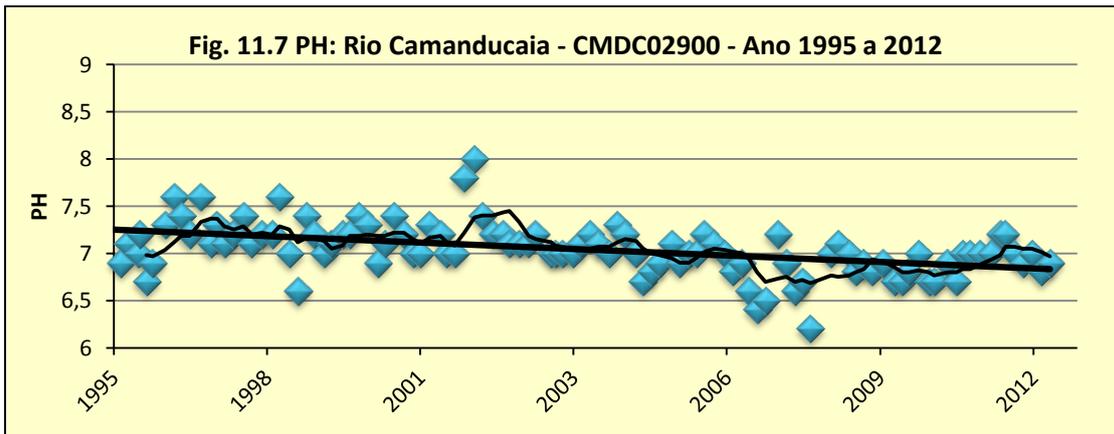
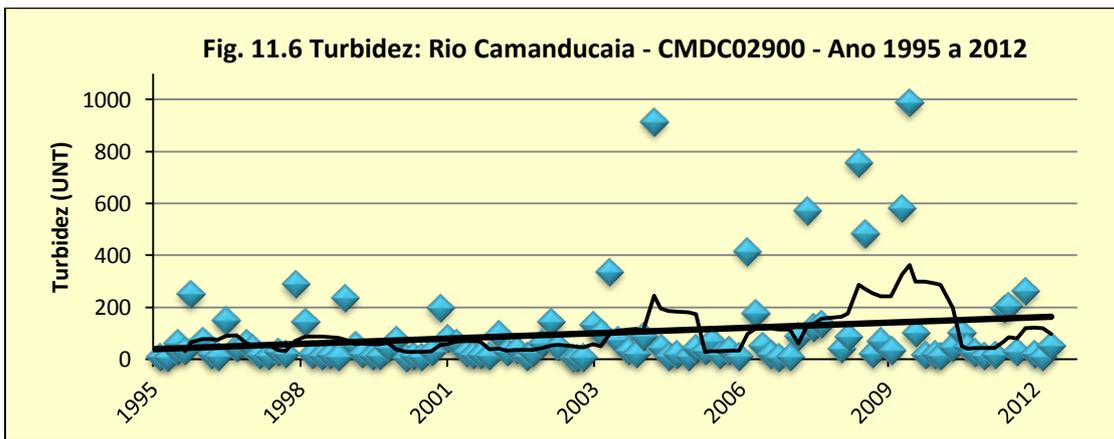
4.1.10 Ponto Rio Camanducaia CMDC2900 – (em Mogi Mirim)

Dados de monitoramento: 1995 a 2012.

Do conjunto de dados analisados, pode-se observar uma tendência de aumento significativo dos níveis de N-amoniaco, nitrato, nitrito, fósforo total, cloreto e turbidez e uma ligeira diminuição do valor de pH (Figs.11.1 a 11.8).







Na tabela 6 consta um resumo das informações dos parâmetros monitorados de cada ponto do Rio Camanducaia. No seu ponto a jusante (CMD02900), verificou-se um aumento dos teores dos parâmetros da série de nitrogênio, fósforo, cloreto e turbidez. Embora tenha ocorrido uma diminuição do valor de pH ao longo do tempo, os valores detectados estão dentro de uma faixa aceitável para águas de rios.

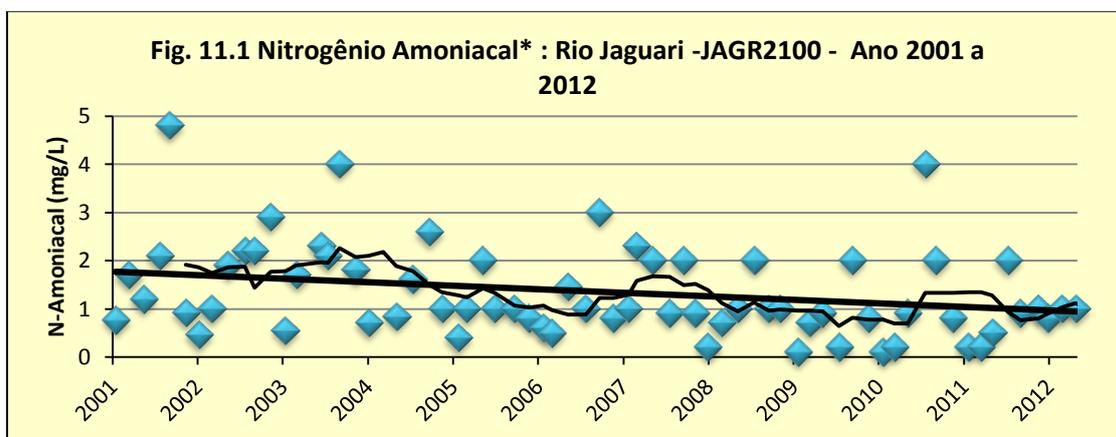
Tabela 6 - Parâmetros monitorados no Rio Camanducaia, cujos valores aumentaram significativamente (+); diminuíram (<); ou se mantiveram (-) estáveis, em termos de poluição hídrica..

Parâmetros (mg/L)	Pontos de coleta Rio Camanducaia	
	CMD02300 Em Amparo	CMD02900 Em Mogi Mirim
N-amoniacal	-	+
Nitrato	-	+
Nitrito	-	+
Fósforo total	-	+
Cloreto total	-	+
Turbidez	-	+
pH	<	<

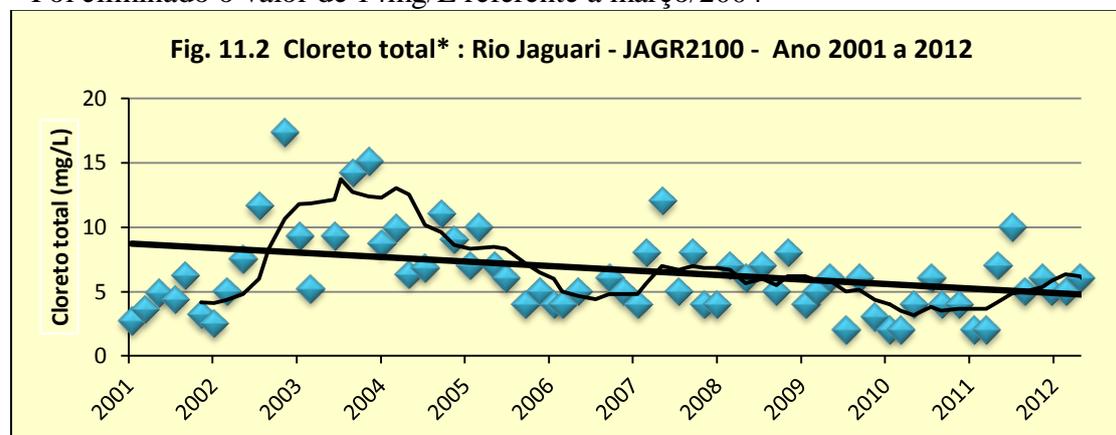
4.1.11 Ponto Rio Jaguari JAGR02100 – (ponte na Rodovia SP-95 no trecho que liga Bragança Paulista/Amparo Km 9)

A rede básica de monitoramento começou a amostragem nesse ponto no ano 2000.

Para todos os parâmetros analisados, verifica-se uma melhora significativa da qualidade das águas para as variáveis apresentadas nas figuras 11.1 a 11.9, inclusive com aumento do teor de oxigênio dissolvido. Nesse ponto não houve parâmetro que indicasse uma piora da qualidade de suas águas. O pH teve uma ligeira diminuição, mas está dentro de valores normais para águas de rio (Fig.11.9).



* Foi eliminado o valor de 14mg/L referente a março/2004



* Foi eliminado o valor de 76mg/L referente a jul/2006

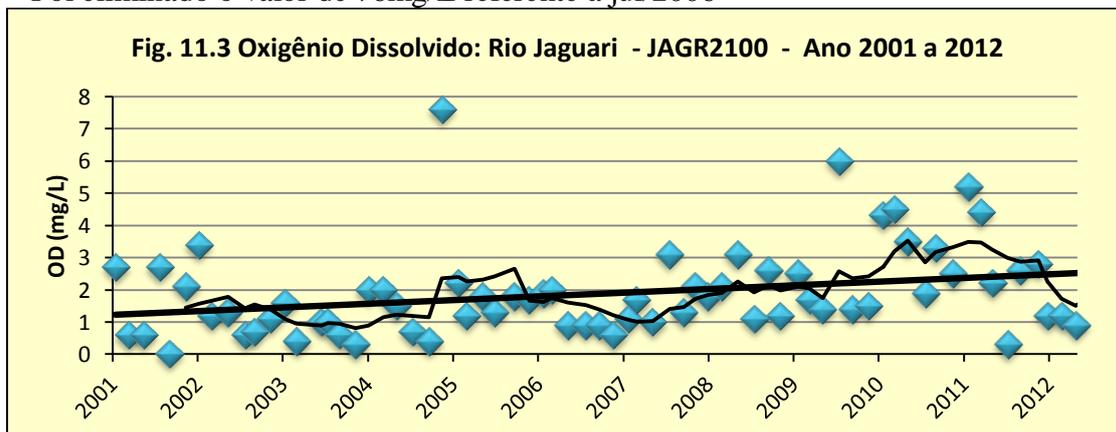


Fig. 11.4 Condutividade: Rio Jaguari - JAGR2100 - Ano 2001 a 2012

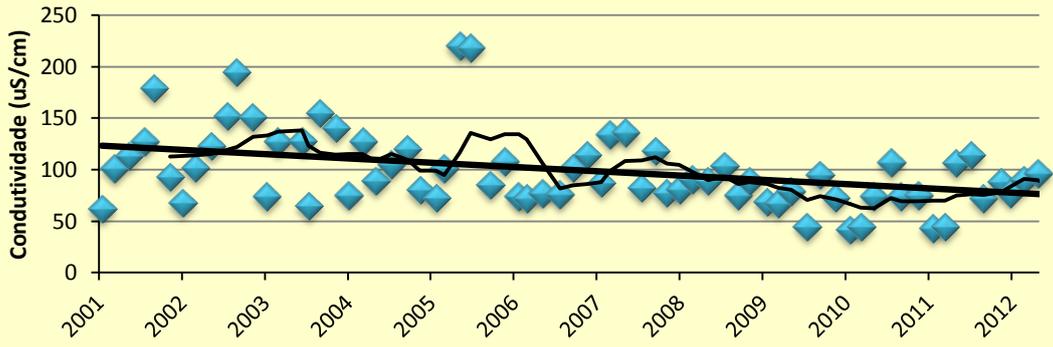


Fig. 11.5 Sólidos dissolvidos: Rio Jaguari - JAGR2100 - Ano 2001 a 2012

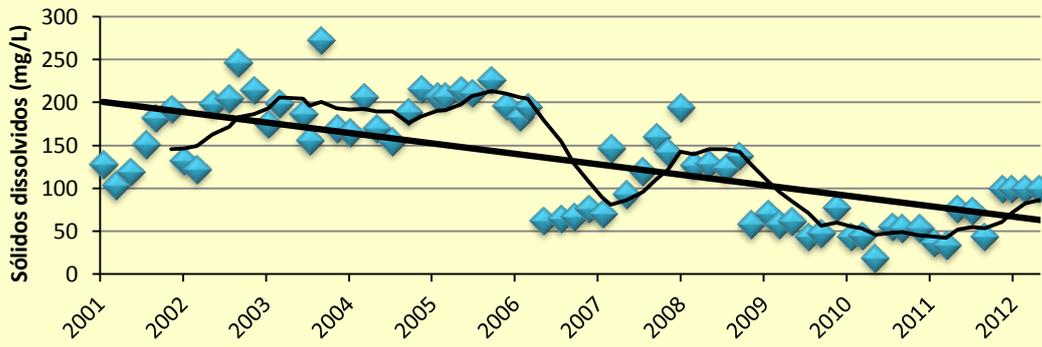


Fig. 11.6 Sólidos totais: Rio Jaguari - JAGR2100 - Ano 2001 a 2012

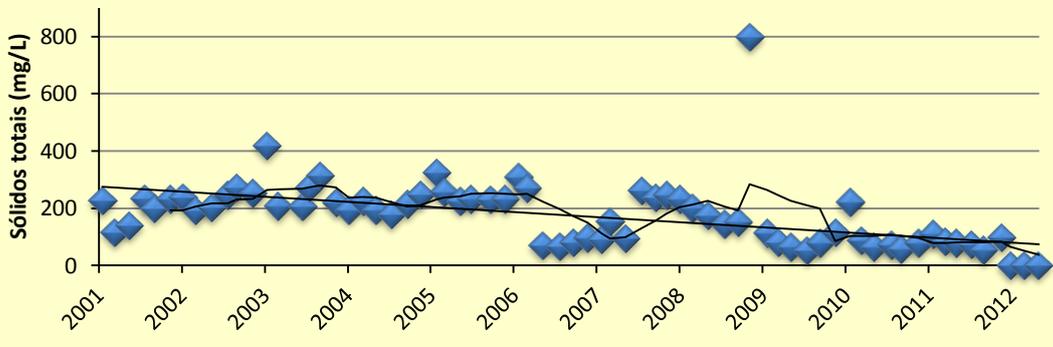
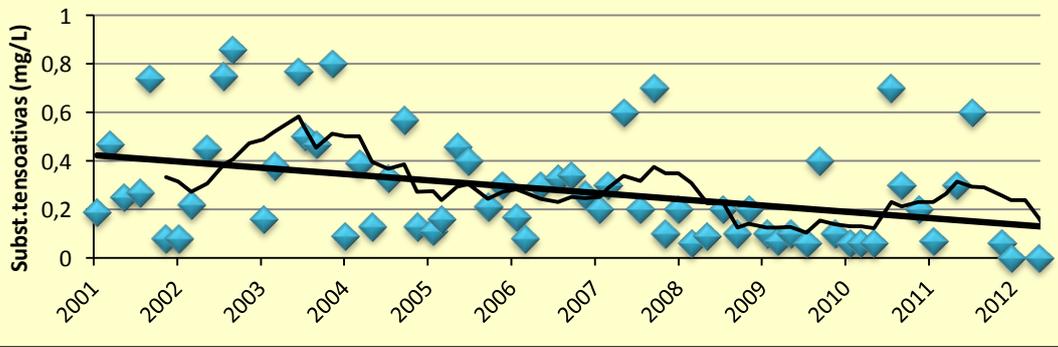
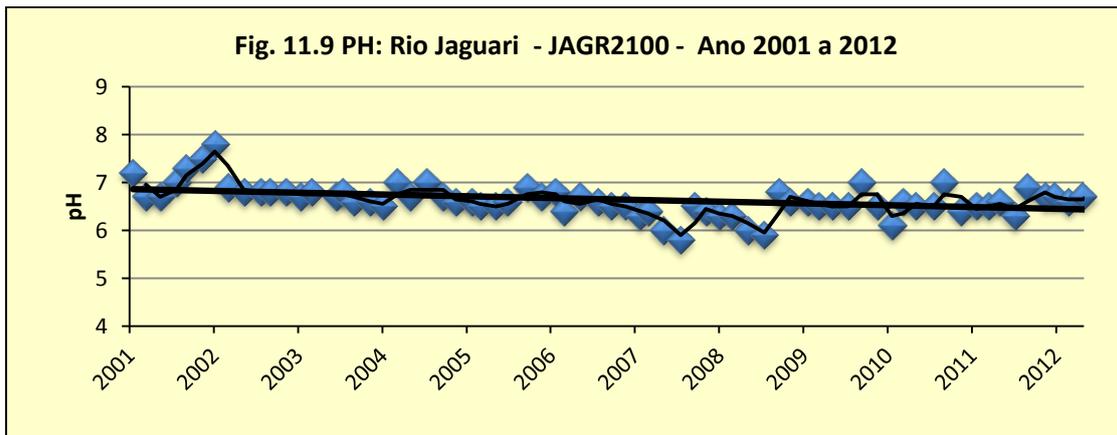
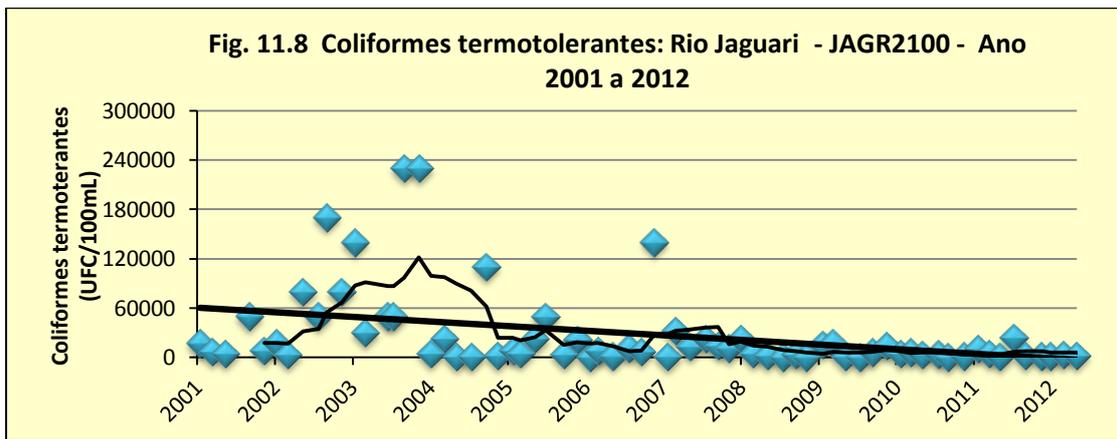


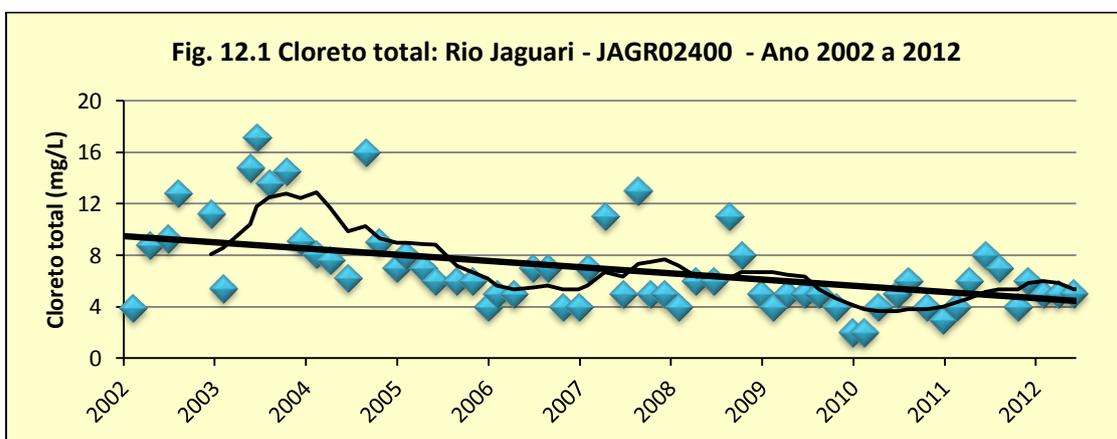
Fig. 11.7 Substâncias tensoativas: Rio Jaguari - JAGR2100 - Ano 2001 a 2012

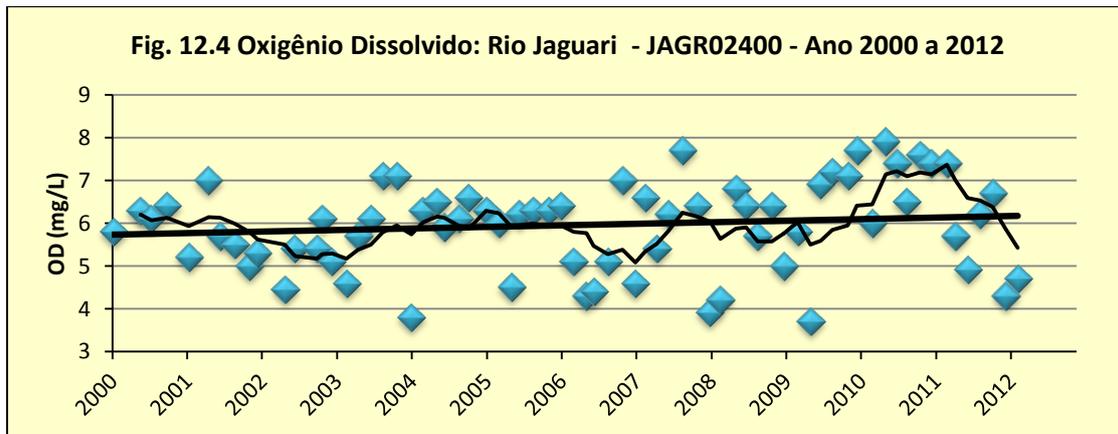
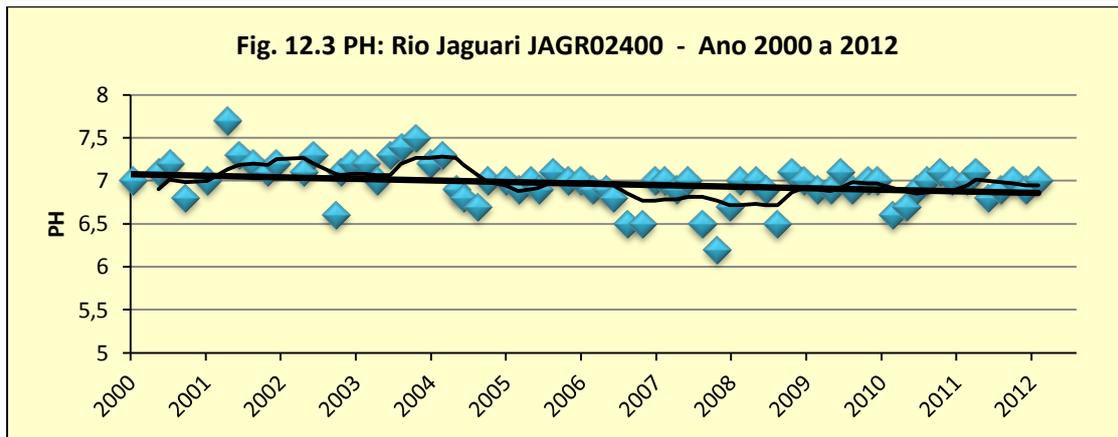
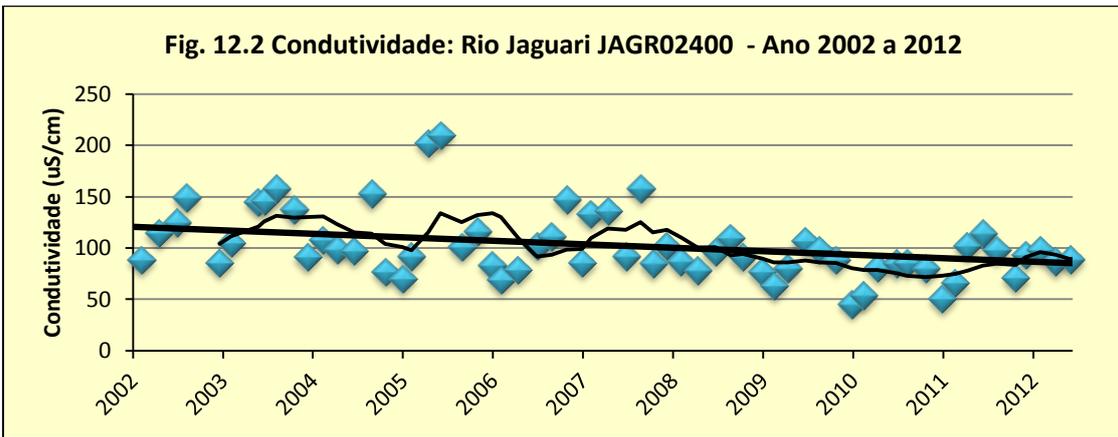




4.1.12 Ponto Rio Jaguari JAGR02400 – (Rodovia SP 340 em Jaguariúna).

As águas nesse ponto, com dados de 11 a 13 anos de monitoramento, também apresentaram melhoria de sua qualidade, como demonstrado pelos parâmetros representados nas figuras 12.1 a 12.3. Embora para o parâmetro OD (Fig.12.4) a análise estatística não tenha indicado significância, observa-se pela linha de tendência um aumento do nível de oxigênio dissolvido ao longo dos anos.





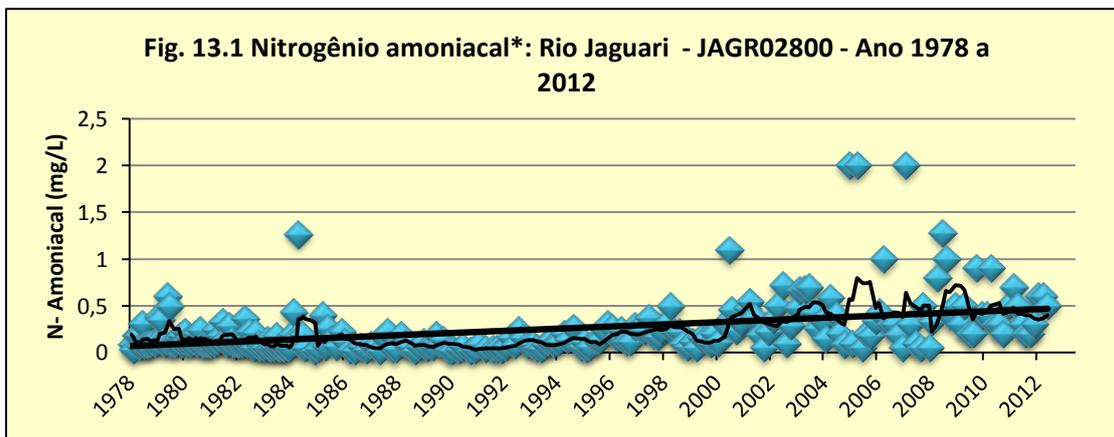
4.1.13 Ponto Rio Jaguari JAGR 02800 (na captação de Limeira).

Período de monitoramento 1978 a 2012.

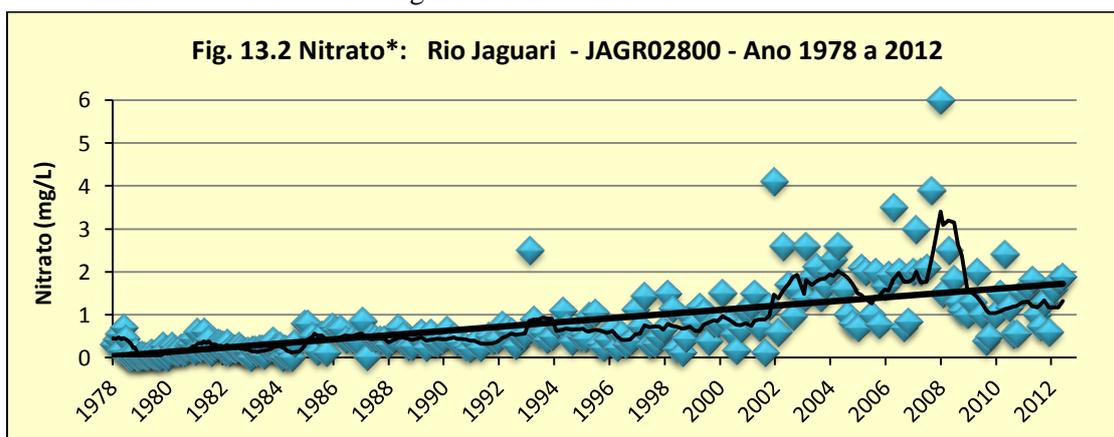
Diferente dos demais pontos desse mesmo rio, citados nos itens 4.1.11 e 4.1.12, é possível observar que nesse ponto o Rio Jaguari já sofre influência antrópica, principalmente por esgotos domésticos, como demonstrado nas figuras 13.1 a 13.9. Verifica-se um aumento significativo dos teores das variáveis N-amoniaco, nitrato, nitrito, fósforo total, cloreto, condutividade, DBO, substâncias tensoativas e pH.

Quanto ao parâmetro OD (Fig. 13.10), durante esse período de monitoramento, houve uma diminuição do seu teor, de 1978 a 2012. No entanto, pela média móvel demonstrada no gráfico, nota-se que nos últimos 10 anos houve uma estabilidade ou melhora desses valores.

Os metais se mantiveram com uma linha de tendência nos mesmos níveis ou sempre próximo ao limite de detecção do método.



* Foi eliminado o valor de <math><100\text{mg/L}</math> referente a maio/1979



* Foi eliminado o valor de 12mg/L referente a maio/1988

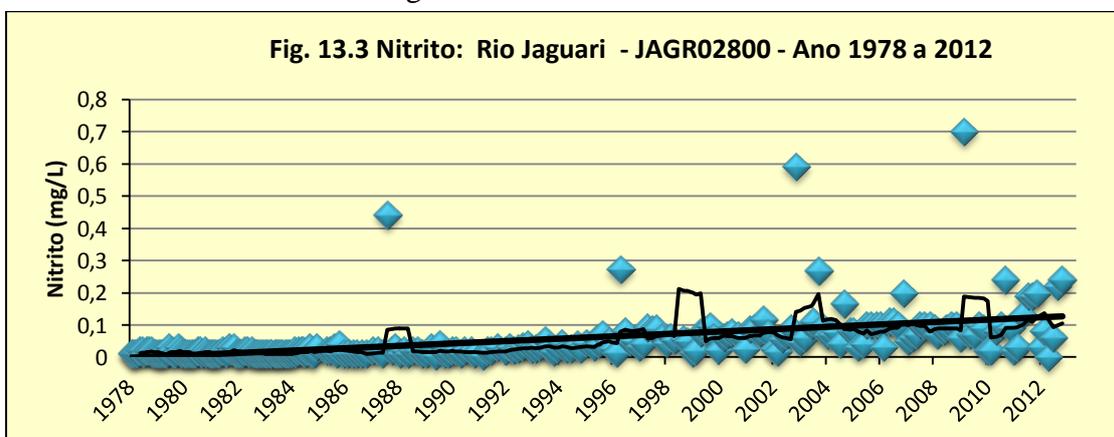


Fig. 13.4 Fósforo total : Rio Jaguari - JAGR02800 - Ano 1978 a 2012

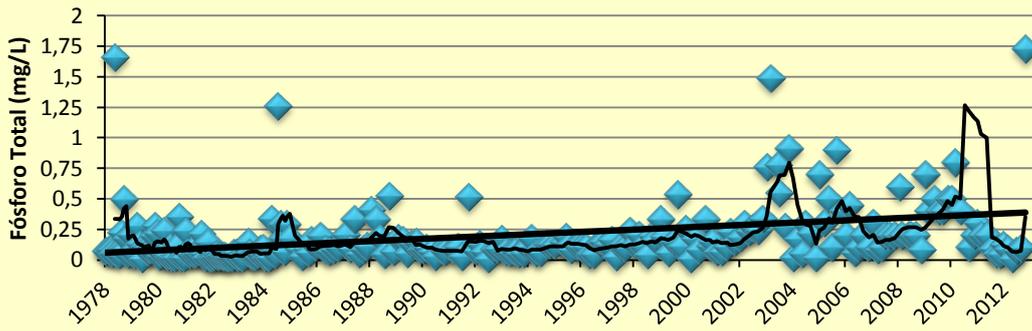


Fig. 13.5 Cloreto total: Rio Jaguari - JAGR02800 - Ano 1978 a 2012

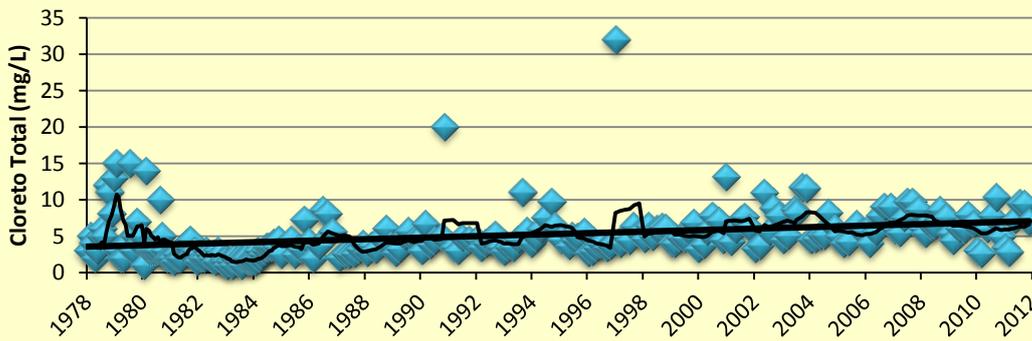


Fig. 13.6 Condutividade: Rio Jaguari - JAGR02800 - Ano 1986 a 2012

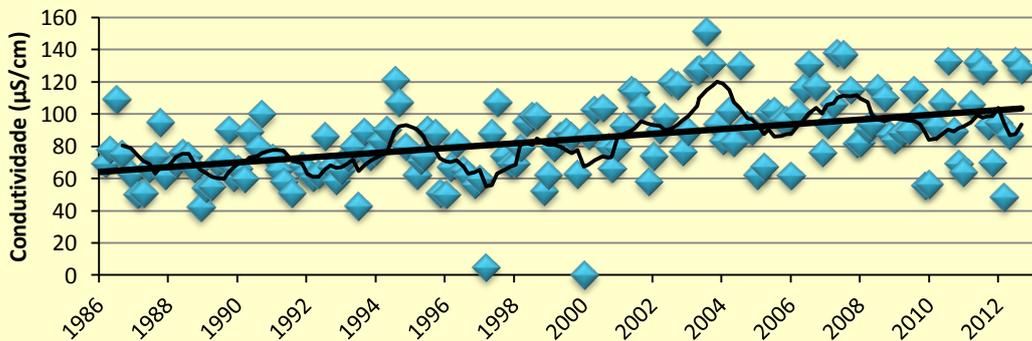
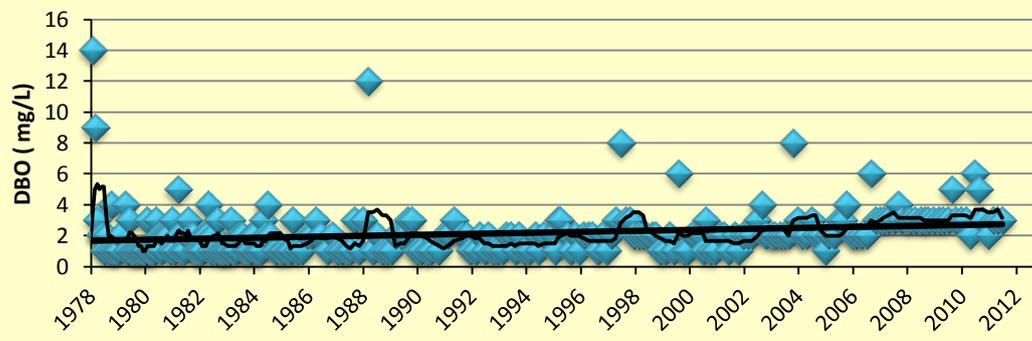
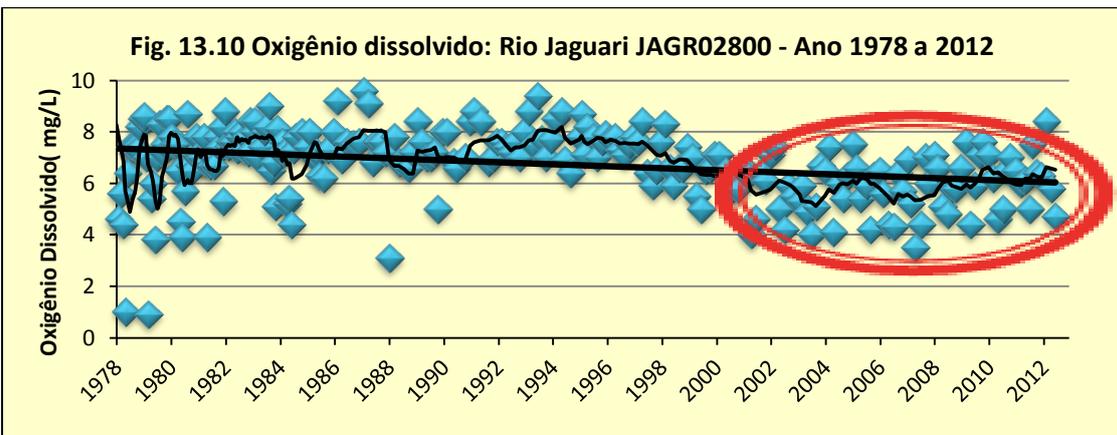
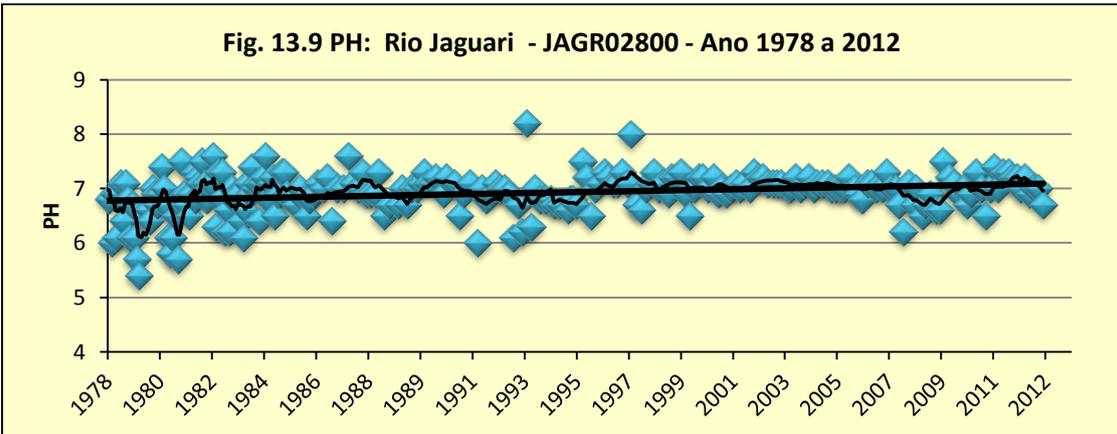
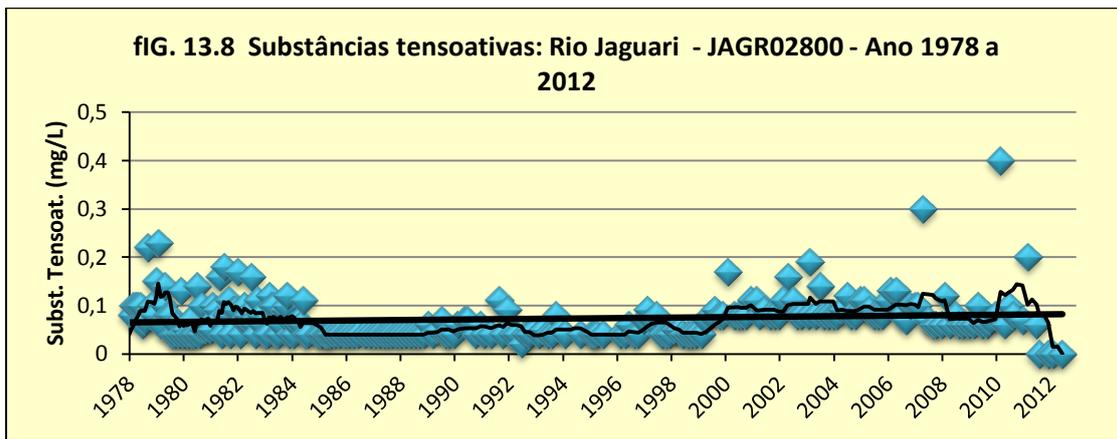


Fig. 13.7 DBO: Rio Jaguari - JAGR02800 - Ano 1978 a 2011





Na tabela 7 consta um resumo das informações dos parâmetros monitorados de cada ponto do Rio Jaguari. Verifica-se que nos pontos JAGR 02100 e JAGR 02400 houve uma diminuição da poluição, enquanto que no ponto JAGR 02800, (à jusante dos demais pontos) houve uma piora da qualidade das águas.

Tabela 7 - Parâmetros monitorados no Rio Jaguari, cujos valores aumentaram ou diminuíram significativamente em termos de poluição hídrica, (+) aumento da poluição, (-) não existe diferença significativa e (<) diminuição dos valores dos parâmetros indicadores de poluição.

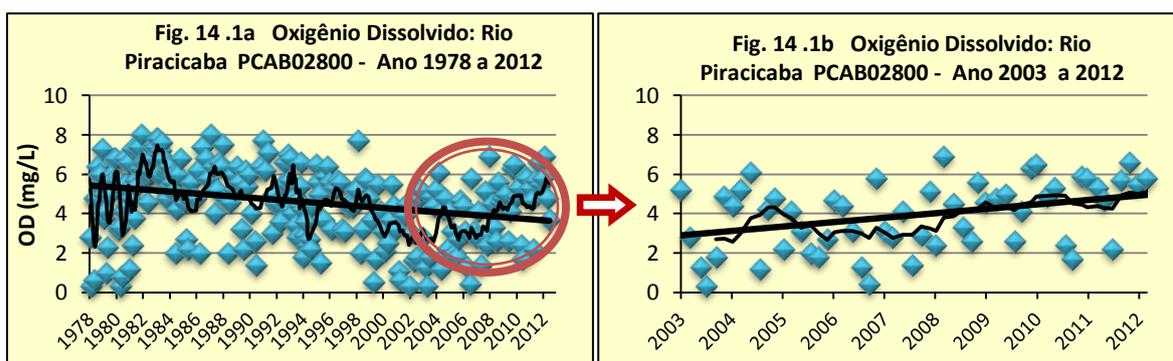
Parâmetros (mg/L)	Pontos de coleta		
	JAGR 02100 Bragança Paulista/Amparo	JAGR 02400 Jaguariúna	JAGR 02800 Captação Limeira
N-amoniacal	<		+
Coliformes	<	-	-
Nitrato	-	-	+
Nitrito	-	-	+
P-total	-	-	+
Cloreto	<	<	+
Condutividade	<	<	+
DBO	<	-	+
Sólidos totais	<	-	-
Sólidos dissolvidos	<	-	-
Sólidos totais	<	-	-
Subst. tensoativas	<	-	+
OD	<	-	+
PH	<	<	+

4.2 ANÁLISE DOS DADOS DOS ÚLTIMOS 10 ANOS

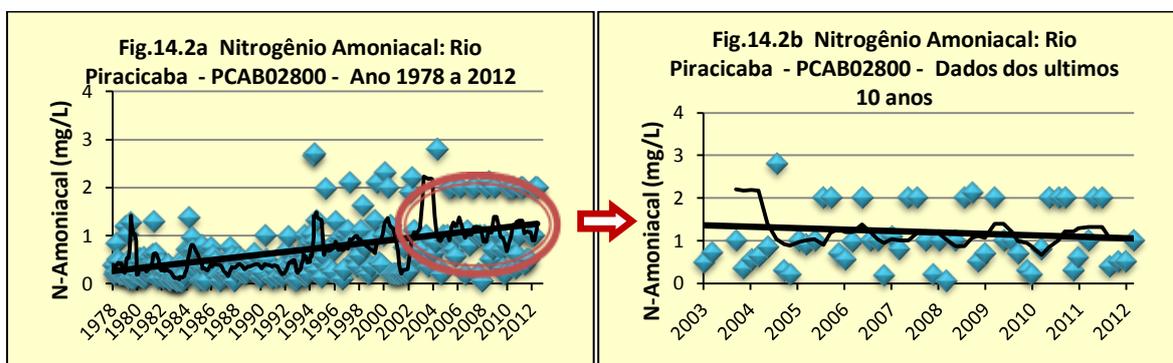
Com o objetivo de avaliar a tendência da qualidade das águas apenas nesses últimos 10 anos, foram selecionados os dados desse período (2003 a 2012), de todos os pontos em estudo, cujos parâmetros ao longo desses 35 anos aumentaram significativamente seus teores. Todos os gráficos, com suas linhas de tendência constam do Anexo C.

Comparativamente aos 35 anos de dados, as tendências demonstradas nos gráficos dos 10 últimos anos se divergem. Para a maioria dos parâmetros analisados, para todos os pontos dos rios em estudo, as concentrações se mantiveram estáveis ou estão melhorando ao longo desta última década. No entanto, é importante mencionar aqui que os pontos de comparação entre os valores de partida de 1978 e do ano de 2002 são muito diferentes. Por exemplo, o parâmetro OD, representado no gráfico da figura 14.1a, do ponto Rio Piracicaba PCAB 2800, mostra uma linha de tendência linear descendente ao longo dos 35 anos, isto é, com uma tendência de piora da qualidade das águas, enquanto que a média móvel dos 10 últimos anos mostra uma tendência de melhora (Fig. 14.1b). Seccionando os dados desse último período verifica-se uma tendência de melhora da qualidade do nível de OD. No entanto, o ponto de

partida no gráfico dos 35 anos, em 1978, é de aproximadamente 6 mg/L, enquanto o da figura 14.1b do ano 2002 é de menos de 3 mg/L. A média móvel é um instrumento que mostra flutuações, que até podem ser naturais ao longo do tempo, mas que é preciso ter cuidado ao selecionar o período de dados de uma tendência. Uma linha de tendência com base em poucos dados não tem muita expressão numa análise a curto e médio prazo, pois quanto maior o número de dados maior é a credibilidade da reta. Como já mencionado anteriormente, as linhas de tendência achatam os valores, enquanto a média móvel mostra as oscilações nos diferentes períodos ao longo do tempo.



Outro exemplo é apresentado na figura 14.2a, mostrando que os dados de 35 anos evidenciam um aumento do teor do nível de N-amoniaco nesse ponto do Rio Piracicaba, ao longo do tempo (piora da qualidade das águas), enquanto que os dados dos últimos 10 anos mostram uma diminuição de seus valores, ou seja, uma melhora da qualidade das águas (fig.14.2b). Para uma análise desse tipo é importante ter como referência o ponto de partida, pois em 1978 o teor de N-amoniaco é praticamente zero enquanto que o ponto de partida da figura 14.2b, em 2002, é de 1,25 mg/L.



Embora muitos autores tenham publicados trabalhos técnicos que evidenciam uma melhoria da qualidade das águas nesta última década, nenhum deles comparam ou referenciam os valores do monitoramento ambiental do início dos anos 70.

As linhas de tendência para os pontos com mais de 30 anos de dados são muito mais significativas, pois contém o histórico desde o início da década de 70, e que seria o ponto de referência dos níveis até os últimos anos de monitoramento.

A melhora da qualidade das águas nestes últimos 10 anos se deve provavelmente à expansão dos serviços de saneamento ambiental no Estado de São Paulo, com um aumento da implantação e operacionalização de novas estações de esgoto. Nestes últimos cinco anos houve um crescimento significativo da porcentagem de esgotos tratados no Estado, passando de 45% em 2007, para 59% em 2012, obviamente, trazendo benefícios na qualidade das águas dos rios receptores. Na UGRHI 5, do PCJ, já existe 60% de tratamento de esgoto, embora a carga remanescente de DBO seja ainda bastante elevada (CETESB, 2013).

4.3 SOBRE OS VALORES LEGAIS

As águas dos rios da bacia do Piracicaba são classificadas, por lei, como rios de Classe II, tendo como objetivo os usos preponderantes: abastecimento humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação, à aquicultura e à atividade de pesca (BRASIL, 2005).

O artigo 15 da Resolução CONAMA 357, estabelece limites máximos permissíveis (LMP) para esses parâmetros, os quais estão compilados na tabela 8.

Tabela 8: Valores máximos permissíveis (VMP) de alguns parâmetros de qualidade de água doce, Classe II, segundo o Artigo 15 da Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005.

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP
Alumínio Total	mg/L	0,1
Antimônio	mg/L	0,05
Arsênio total	mg/L	0,01
Bário total	mg/L	0,7
Berílio total	mg/L	0,04
Boro total	mg/L	0,5
Cádmio total	mg/L	0,001
Chumbo total	mg/L	0,01
Cianeto total	mg/L	0,05
Cloreto total	mg/L	250
Cloro residual total	mg/L	0,01
Clorofila a	ug/L	30
Cobalto total	mg/L	0,05
Cobre dissolvido	mg/L	0,009
Coliformes termotolerantes	100 ml	1000
Cor verdadeira	PT/L	75
Cromo total	mg/L	0,05
DBO 5 dias a 20°C	mg/L	5
Ferro Dissolvido	mg/L	0,3
Fluoreto total	mg/L	1,4
Fósforo total (ambiente lântico)	mg/L	0,020
Fósforo total (ambiente intermediário. Com tempo de	mg/L	0,025
Fósforo Total (ambiente lótico e tributários de ambientes	mg/L	0,1
Lítio total	mg/L	2,5
Manganês total	mg/L	0,1
Merúrio total	mg/L	0,0002
Níquel total	mg/L	0,025
Nitrato	mg/L	10
Nitrito	µg/L	1,0
Nitrogênio amoniacal total	mg/L	1
• Para águas com pH < 7,5	mg/L	3,7
• Para águas com 7,5 < pH 8,0	mg/L	2,0
• Para águas com 8,0 < pH 8,5	mg/L	1,0
• Para águas com pH > 8,5	mg/L	0,5
OD	mg/L	>5
pH (a 20°C)	-	6 - 9
Prata total	mg/L	0,01
Selênio total	mg/L	0,01
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500
Substância tensoativa	mg/L LAS	0,5
Sulfato total	mg/L	250
Sulfeto (H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002
Urânio total	mg/L	0,02
Turbidez	UNT	100
Zinco	mg/L	0,18

Neste relatório não será discutido quantas vezes os valores dos parâmetros monitorados ultrapassaram os limites máximos permissíveis por lei, pois essas informações já constam nos próprios relatórios anuais de qualidade das águas da CETESB de 1978 a 2012. Neste item serão discutidos apenas os parâmetros que tiveram aumento significativo de suas concentrações ao longo do período de monitoramento, os quais ultrapassaram frequentemente os valores permitidos por lei, comprometendo a qualidade das águas para seus usos preponderantes.

Comparando os resultados médios das variáveis ambientais analisadas nos últimos anos, com os limites máximos permissíveis estabelecidos por lei, para rios de classe II, (Tab. 8), verifica-se que:

4.3.1 Rio Piracicaba: Pontos: PCAB02135, PCAB02192 e PCAB02800

Oxigênio dissolvido: Nos pontos PCAB02135 e PCAB02192 os valores médios nos últimos anos para esses dois pontos do Rio Piracicaba são 2 e 1,7 mg/L, respectivamente. No ponto PCAB02800 esse valor está em torno de 3 mg/L, enquanto que a Resolução Conama 357 estabelece valor superior a 5 mg/L. Portanto esses valores não atendem ao objetivo de uso da água para proteção da vida aquática, pois águas com baixos valores de oxigênio dissolvido não sustentam a sobrevivência da vida aquática, principalmente para aquelas espécies mais exigentes a teores mais elevados de oxigênio dissolvido na água.

O oxigênio dissolvido é um dos principais fatores limitantes no ambiente aquático, sendo que concentrações de 2 a 3,9 mg/L são insuficientes para sustentar a vida aquática e podem retardar o crescimento e causar mortalidade significativa em larvas de peixes em poucas horas de exposição, enquanto que valores inferiores a 2 mg/L podem causar efeito agudo a peixes (US.EPA, 1986b).

Portanto, um nível de oxigênio dissolvido acima de 5 mg/L é essencial para a manutenção de processos naturais de autodepuração e para a manutenção e reprodução de organismos nos seus sistemas aquáticos.

Fósforo total: O valor médio nesses pontos é de aproximadamente 0,5 mg/L, enquanto o padrão legal é 0,1 mg/L (Tab.8).

O fósforo total é proveniente, principalmente, de esgotos sanitários que contém matéria orgânica de origem fecal e dos detergentes que são empregados em grande escala nas regiões

urbanas. Além desses, as águas de lixiviação de solos agriculturáveis, e alguns efluentes industriais, como os das indústrias de fertilizantes, químicas, pesticidas, alimentos, frigoríficos, abatedouros e laticínios podem conter quantidades excessivas de fósforos.

O fósforo, assim como o nitrogênio, se constitui em nutrientes importantes para os processos biológicos, no entanto seu excesso contribui para o processo de eutrofização das águas.

Coliformes termotolerantes: O valor médio nos últimos 10 anos para o ponto PCAB02135 é de 420.553 UFC/100mL e nos demais pontos em torno de 65000 UFC/100mL, ultrapassando o valor legal de 1000/100mL.

A manutenção dos altos valores de coliformes ao longo do tempo significa a presença contínua de carga orgânica de origem fecal.

DBO: O valor médio está acima de 6 mg/L enquanto o recomendado é 5 mg/L. O aumento de DBO nas águas é provocado por despejos predominantemente de origem doméstica, no entanto, muitos efluentes de origem industrial (laticínios, bebidas, açúcar e álcool, curtumes, têxtil, dentre outras) contribuem com carga orgânica significativa para os recursos hídricos.

Manganês: O limite máximo permissível (LMP) por lei é 0,1 mg/L e o valor médio encontrado nas águas está acima de 0,2 mg/L.

O manganês ocorre naturalmente nas águas, no entanto as atividades humanas, principalmente a industrial, contribuem com o excesso desse elemento no ambiente hídrico. O manganês é muito utilizado na indústria de aço, fertilizantes, vernizes, produtos veterinários, oxidantes para limpeza, ligas metálicas, vidros, dentre outras.

Nitrito: No ponto a montante (PCAB02135) a concentração de nitrito nas águas está próxima ao LMP (0,1mg/), porém com tendência de aumento crescente. Já nos pontos a jusante das grandes cidades (PCAB 02192 e 02800) os níveis de nitrito estão acima desse valor. É importante salientar que o nitrito é o produto de degradação de compostos nitrogenados e sua presença na água significa poluição orgânica. Os compostos nitrogenados são macronutrientes e, juntamente com o fósforo, são responsáveis pelo processo de eutrofização das águas.

4.3.2 Rio Atibaia (Pontos ATIB 02010, ATIB 02065 ATIB 02605)

Fósforo total: Em todos os pontos o fósforo total (em torno de 0,5 mg/L) ultrapassa o valor legal de 0,1 mg/L.

Oxigênio Dissolvido: No ponto ATIB 02010, os níveis de OD flutuaram ao longo do tempo, tendo em média um valor próximo ao LMP, de 5 mg/L.

Manganês: No ponto ATIB02065 o valor médio do manganês é cerca de duas vezes maior que o LMP.

Coliformes termotolerantes: O valor médio de coliformes fecais nos últimos 10 anos para os ponto da montante a jusante é de 2500 a 67000 UFC/100mL, ultrapassando portanto, o valor legal de 1000/100mL.

A manutenção dos altos valores de coliformes ao longo do tempo significa a presença contínua de carga orgânica de origem fecal.

4.3.3 Rio Corumbataí (Pontos CRUM02500 e CRUM02200)

As águas desse rio ultrapassam sempre o VMP para os seguintes parâmetros:

Coliformes termotolerantes >100.000

Fósforo total >0,5mg/L

Manganês >0,2 mg/L

DBO > 6,0 mg/L

4.3.4 Rio Camanducaia (Pontos CAMD02300 e CAMS02900)

No ponto CAMD02300 apenas os coliformes termotolerantes (20.000 UFC/100mL) e DBO (>5) estão acima dos limites estabelecidos por lei. Já no ponto CAMD 02900 além desses, o manganês (0,2 mg/L) e o fósforo (0,4 mg/L) estão acima dos valores legais.

4.3.5 Rio Jaguari (Pontos JAGR02100, JAGR02400 e JAGR02800)

No ponto JAGR02100A o valor médio de OD (3 mg/L) não atende o LMP por lei.

Em todos os pontos o teor médio de fósforo total (0,3 mg/L) e o coliformes termotolerantes não atendem o valor legal de 0,1 mg/L e 1000UFC/100mL, respectivamente.

4.4 AFLUENTES DOS RIOS DA BACIA DO PIRACICABA: CONTRIBUINTES

Os principais rios da bacia do Piracicaba, além de receber diretamente os despejos industriais e domésticos das cidades da região, recebem vários afluentes que estão altamente poluídos. Os lançamentos de esgotos domésticos *in natura* e efluentes industriais nesses ribeirões, são as principais causas da poluição hídrica, contribuindo para o aumento da concentração da maioria das variáveis físicas, químicas e microbiológicas analisadas para os principais corpos hídricos da bacia. O monitoramento de alguns desses tributários começou a ser realizado pela CETESB a partir do ano 2000, para poucos parâmetros ambientais.

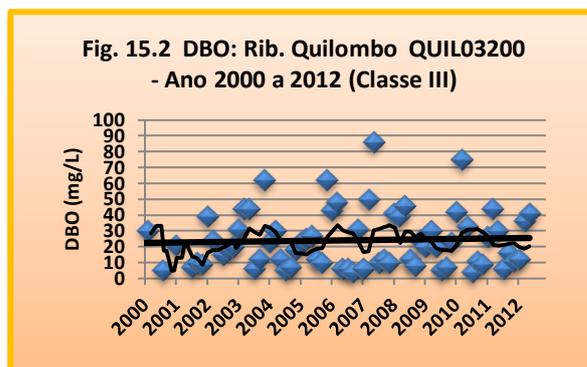
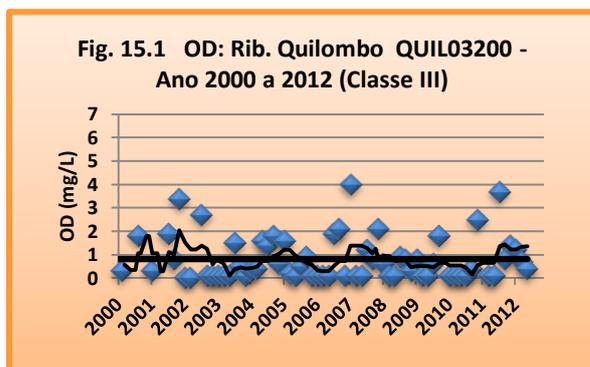
Dentre os afluentes dos principais rios da bacia do Piracicaba, podem ser citados os ribeirões Quilombo, Tatu, Pinheiros, Anhumas, Toledo, Piracicamirim, Lavapés e Tijuco, que se diferenciam pelos altos valores de DBO e, conseqüentemente, baixos valores de OD. Esses parâmetros são os principais indicadores do lançamento de matéria orgânica advinda de esgotos domésticos, sem tratamento ou parcialmente tratados.

Grande parte da matéria orgânica lançada nos corpos d'água é degradada por microorganismos aeróbicos, através do processo de autodepuração. No entanto, quando a carga orgânica é excessiva no corpo receptor, há um aumento na densidade de microorganismo para degradar essa matéria orgânica e, com isso, há um consumo excessivo do oxigênio dissolvido na água, causando um decréscimo nas concentrações naturais do oxigênio dissolvido. Cada corpo hídrico possui uma capacidade máxima de assimilação de carga orgânica sem que suas características naturais sejam prejudicadas. Quando os valores de OD das águas dos rios diminuem significativamente em relação aos valores normais, isso demonstra que a capacidade assimilativa do rio foi ultrapassada.

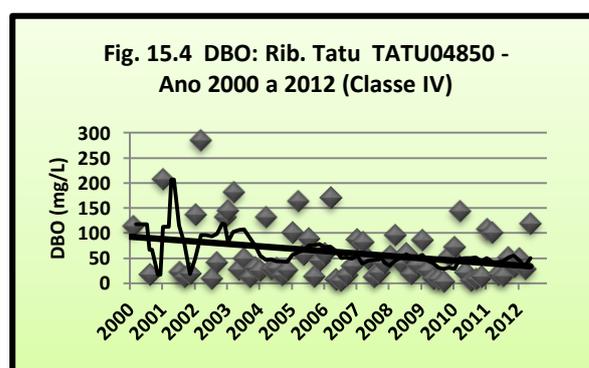
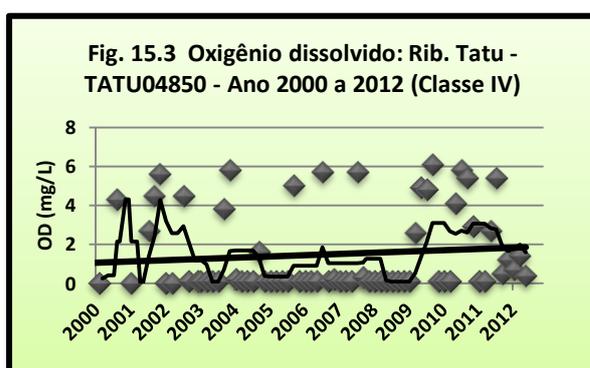
A localização e a descrição dos pontos dos contribuintes escolhidos neste estudo e que são monitorados pela rede básica da CETESB, estão representadas na figura 2 e tabela 2.

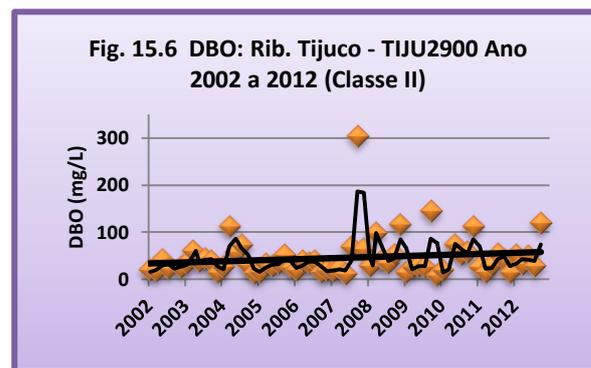
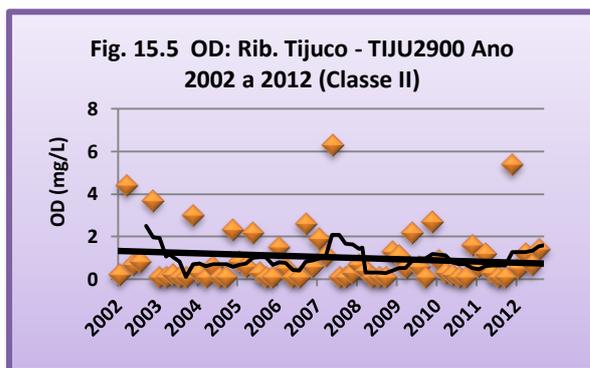
Nos gráficos das figuras 15.1 a 15.16 estão representados os teores de DBO e OD dos principais ribeirões contribuintes, com sua linha de tendência e a média móvel.

A maioria dos resultados de oxigênio dissolvido das águas do ribeirão Quilombo, afluente do Rio Piracicaba, ao longo dos anos, apresenta muitos valores em torno de zero mg/L e DBO média de 30 mg/l (Fig.15.1 e 15.2) .

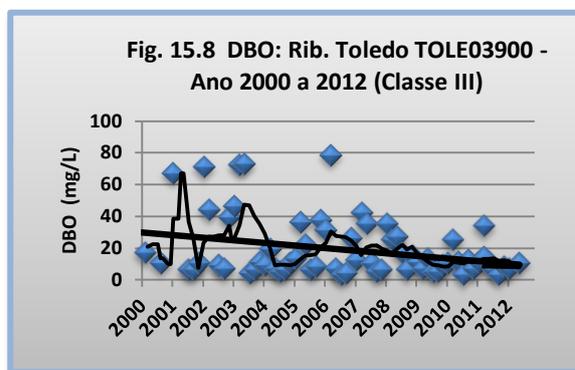
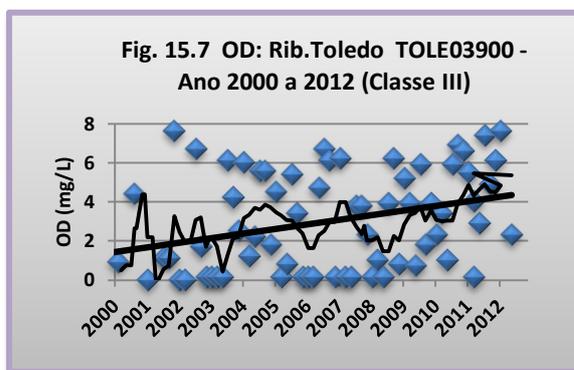


Os ribeirões Tatu (Classe IV) e Tijuco (Classe II), figuras 15.3 a 15.6, também afluentes do Piracicaba, apresentam semelhanças entre si, com altos níveis de DBO e baixos valores de OD, característicos de ambientes altamente poluídos. O OD do Ribeirão Tatu, embora apresente na maior parte do tempo valores iguais a zero, apresenta também alguns valores em torno de 6 mg/L. O OD do ribeirão Tijuco é praticamente nulo e uma DBO em torno de 50 mg/L. De acordo com a CETESB (2003), além da carga orgânica, o ribeirão Tatu contribui com metais pesados para o Rio Piracicaba.

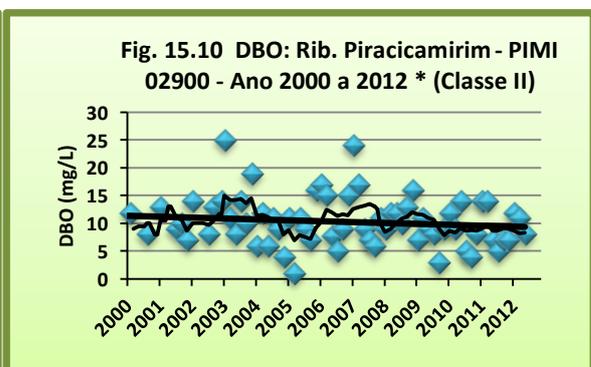
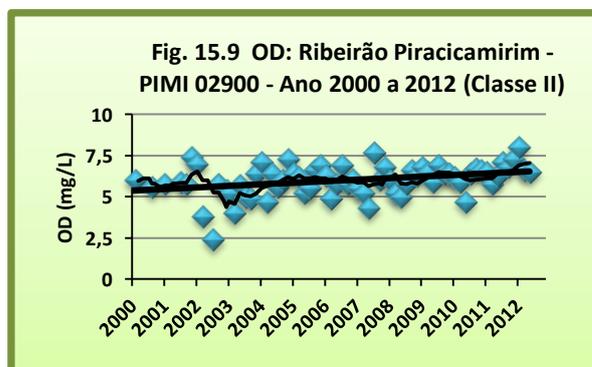




As águas do Ribeirão dos Toledo apresentam valores de OD que variam de zero a 8 mg/L e DBO em torno de 10 mg/L, sendo que há uma tendência de melhoria nestes últimos anos (Figs.15.7 e 15.8)



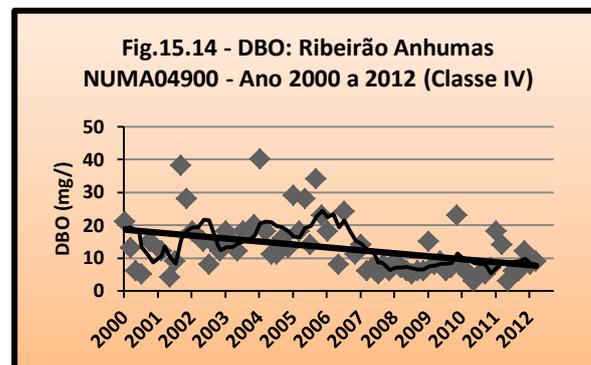
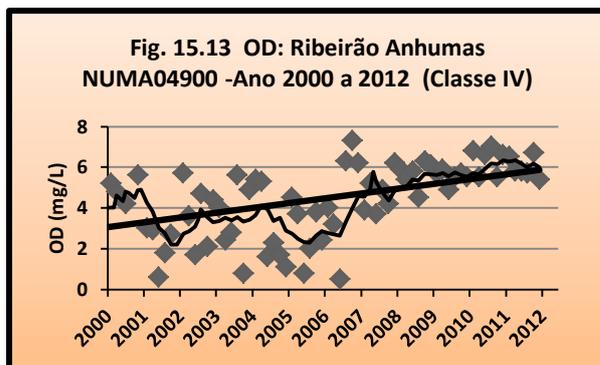
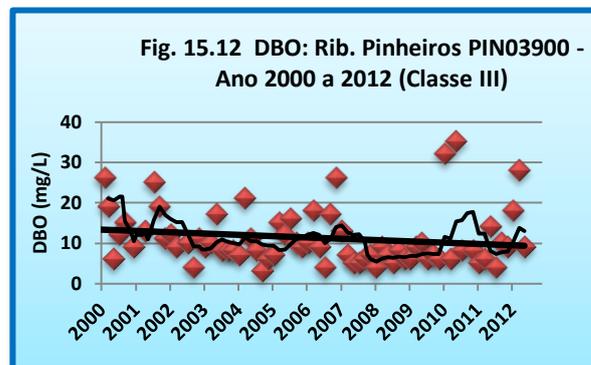
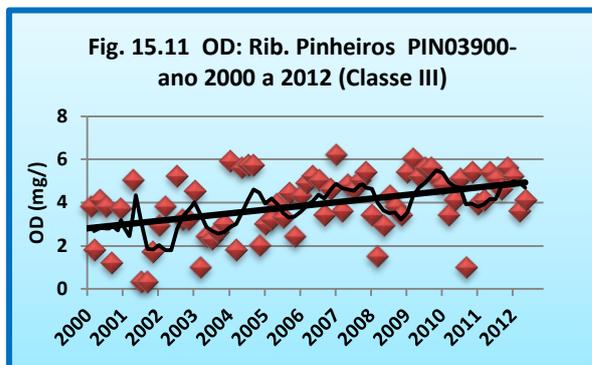
Dos afluentes do Piracicaba, o ribeirão Piracicamirim, é o que apresenta um melhor nível de OD, embora os valores de DBO sejam altos e estão acima do estabelecido pela legislação vigente (Figs. 15.9 e 15.10).



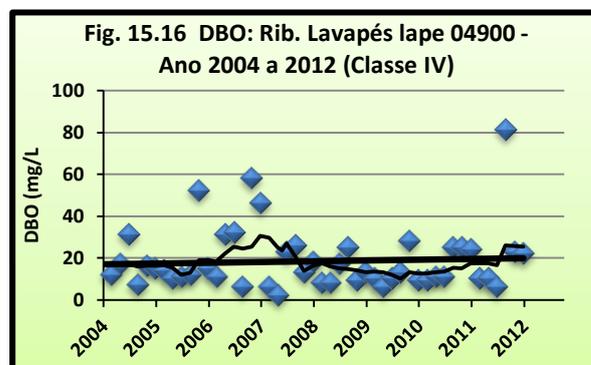
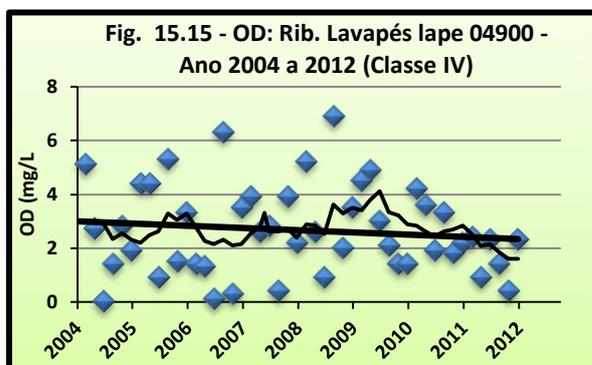
* (foi excluído um dado de 500mg/L)

O Rio Atibaia (ATIB02065) é bastante afetado pelo aporte da carga poluidora dos ribeirões Pinheiros e Anhumas, que recebem esgotos domésticos da região de Valinhos, Vinhedo e

Campinas. Os ribeirões Pinheiros e Anhumas apresentam uma linha de tendência de melhora do nível de OD e DBO nesses 13 anos de monitoramento, no entanto, os valores de DBO ainda são altos (Figs. 15.11 a 15.14). No Ribeirão Pinheiros, um valor de DBO chegou a 1000 mg/L, em março de 2011, o qual foi retirado como dado anômalo, pois influenciava demais a inclinação da reta.



O ribeirão Lavapés, afluente do Jaguari, também contribui com uma carga orgânica significativa, expressa pelos baixos valores de OD e altos de DBO (Figs. 15.15 e 15.16).



Embora as águas desses ribeirões, na maioria dos pontos, sejam classificadas por lei como rios de Classe III e IV, de uso menos exigente, é importante lembrar que esses afluentes são

contribuintes potenciais de grandes quantidades de matéria orgânica e de águas com baixos valores de OD aos corpos receptores, podendo ser considerados como fontes pontuais de poluição hídrica para os principais rios da bacia do Piracicaba.

É importante salientar que o rio Piracicaba, ao longo da sua extensão, recebe inúmeros ribeirões, para os quais, na sua maioria, não se tem dados de controle da poluição hídrica, e que são meros transportadores de esgotos doméstico e industrial.

4.5 ANÁLISES DOS DADOS DOS PERÍODOS DE CHUVA E SECA

Com o objetivo de avaliar as variações dos parâmetros de monitoramento ambiental entre períodos de chuva e de seca, foram compilados os dados de três pontos com mais de 30 anos e um com 17 anos de amostragem, de dezembro a maio (período de chuva) e de junho a novembro (período de seca), plotados em gráficos e traçadas as retas de tendência linear (Figs.16 a 19) .

Nas águas do Rio Piracicaba, no período de seca, há uma diminuição dos valores de oxigênio dissolvido e um aumento nos teores de cloreto total, fósforo total, substâncias tensoativas, N-Kjeldahl, nitrogênio amoniacal, condutividade, sólidos totais e DBO (Fig. 16). Esse fato se deve provavelmente, à menor vazão do rio que recebe a mesma carga poluidora das cidades e indústrias da região, o que faz aumentar as concentrações desses poluentes no período de junho a novembro. A turbidez da água aumenta no período da chuva.

Fig. 16 Variáveis no período de chuva e seca - Rio Piracicaba Ponto PCAB2192

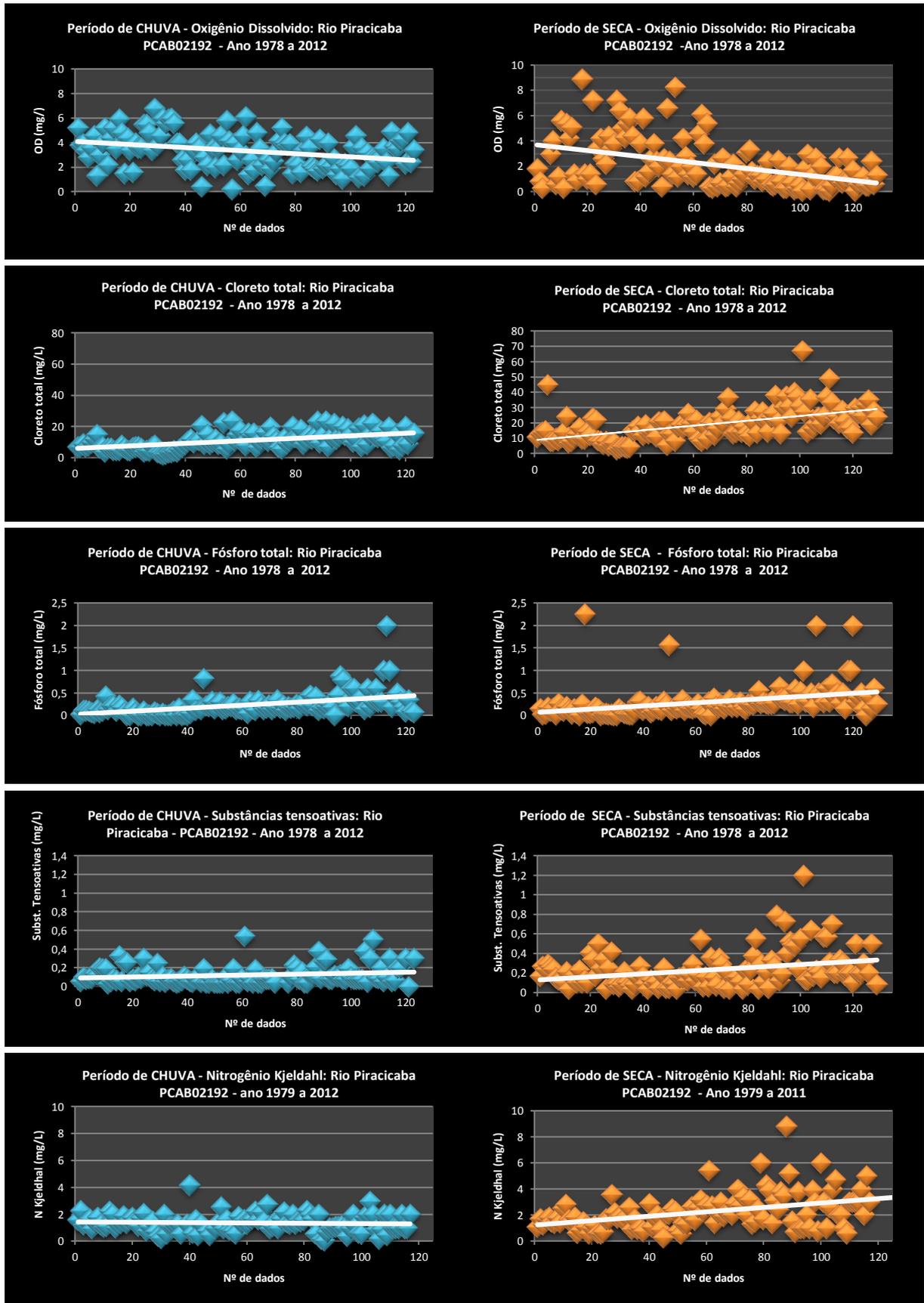
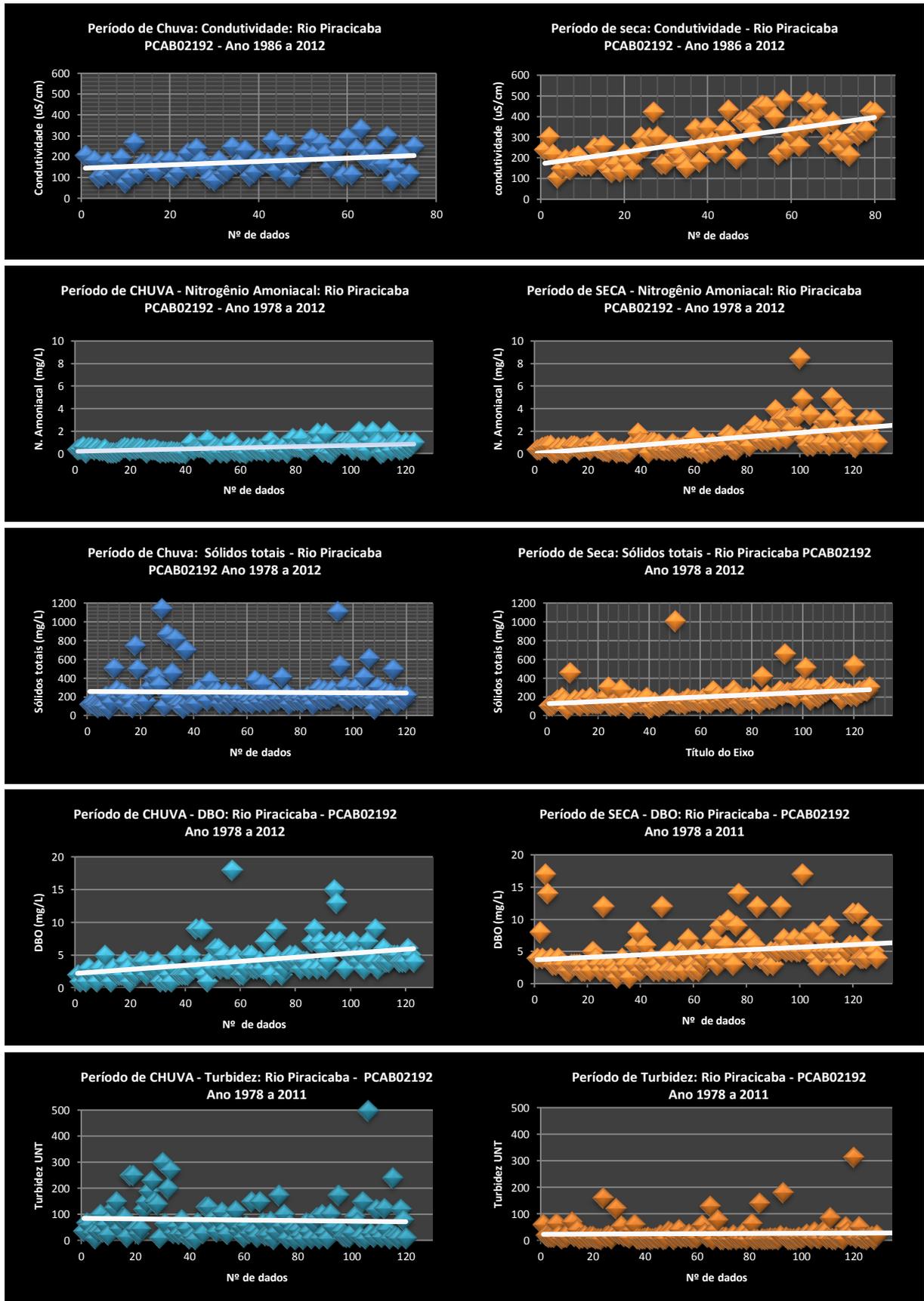


Fig. 16 Continuação



No Rio Atibaia, os teores do cloreto total, DBO, substâncias tensoativas, N-amoniacal, N-Kjeldhal, nitrito e condutividade, são maiores no período de seca, enquanto que no período de chuva houve um aumento da turbidez das águas (Figura 17).

Fig. 17 Variáveis no período de chuva e seca - Rio Atibaia ATIB 02605

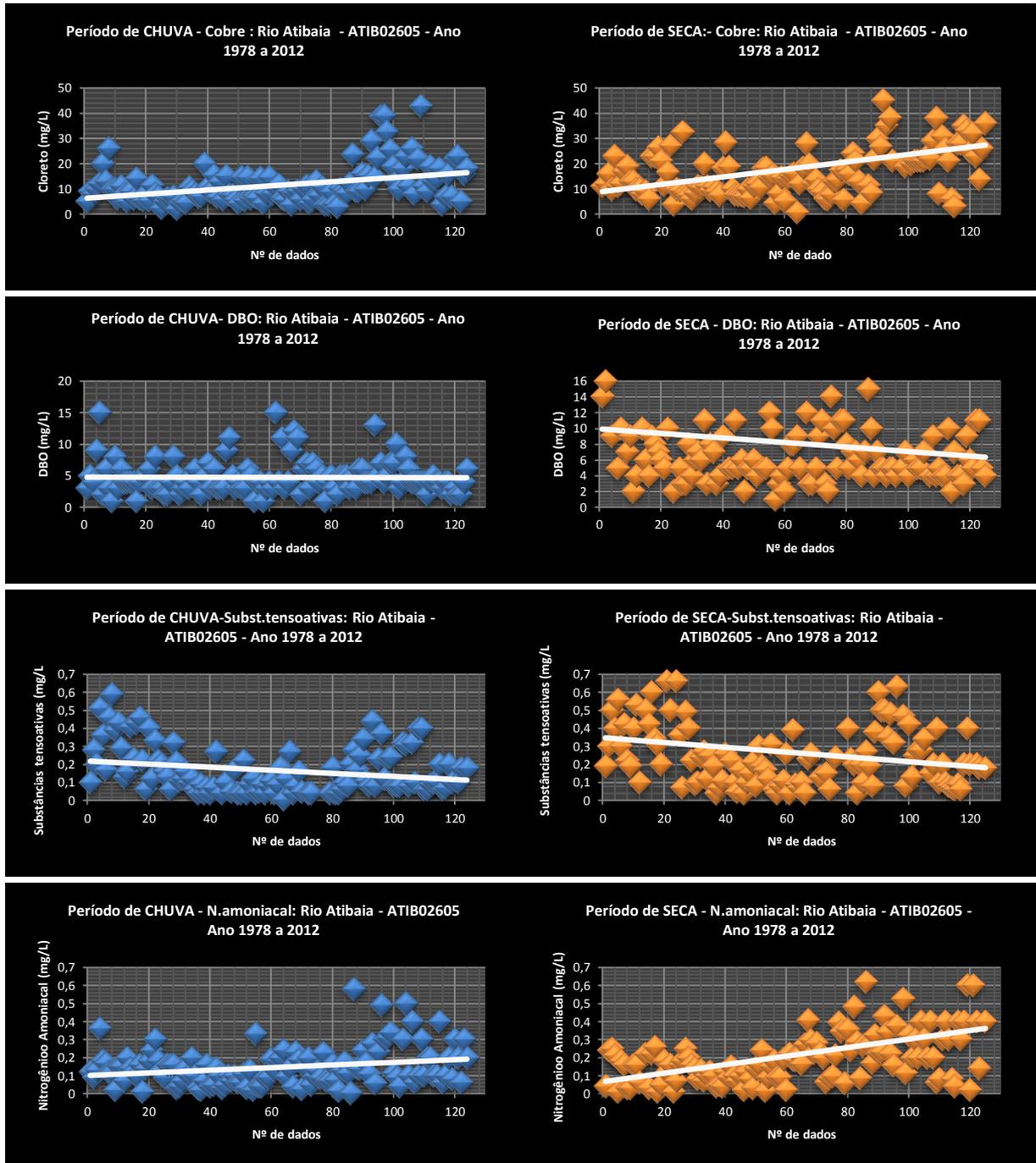
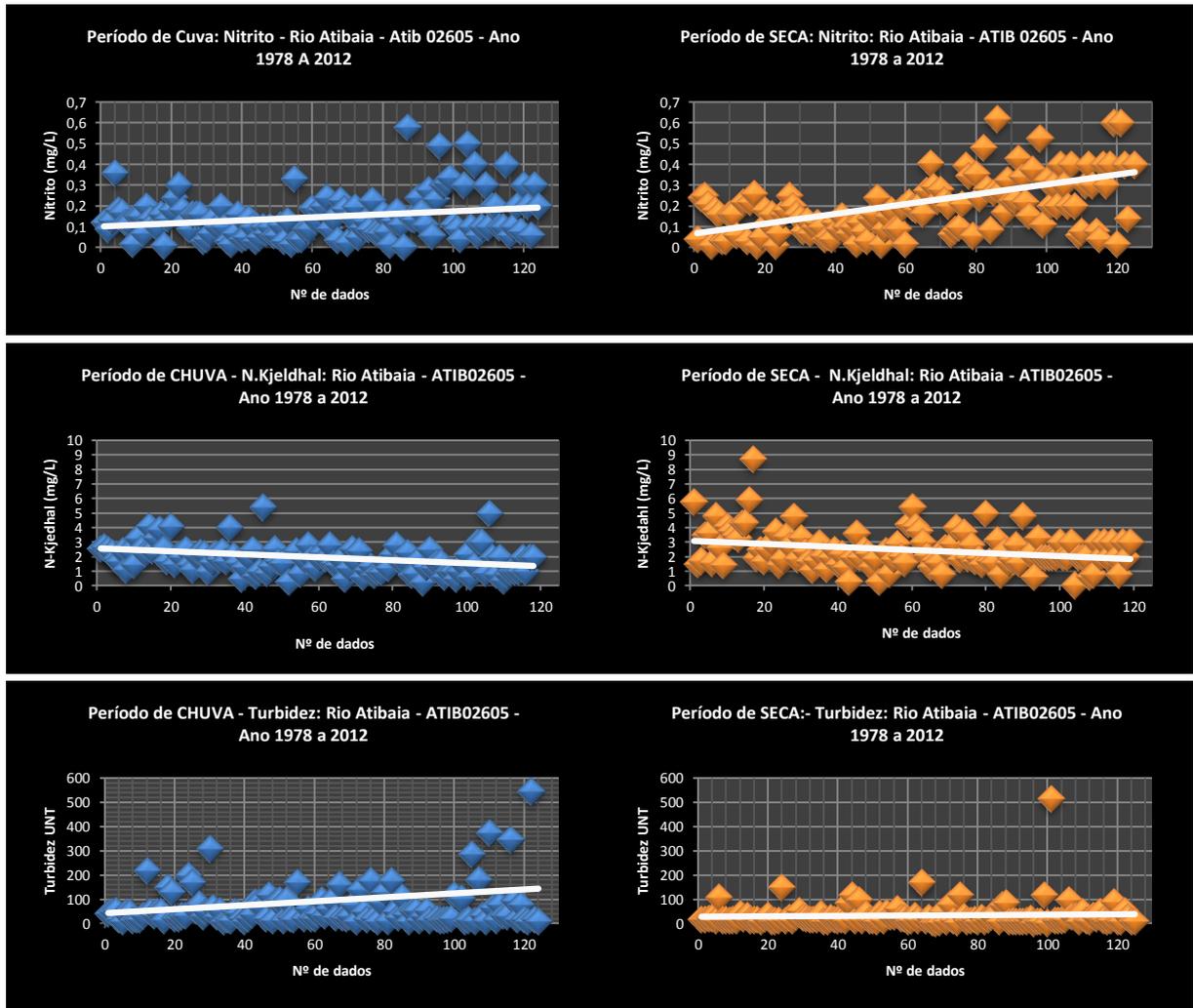


Fig. 17 continuação



No rio Camanducaia apenas o cloreto total, nitrito e fósforo aumentaram seus níveis no período de seca (Figura 18).

Fig. 18 Variáveis no período de chuva e seca - Rio Camanducaia CAMD02900

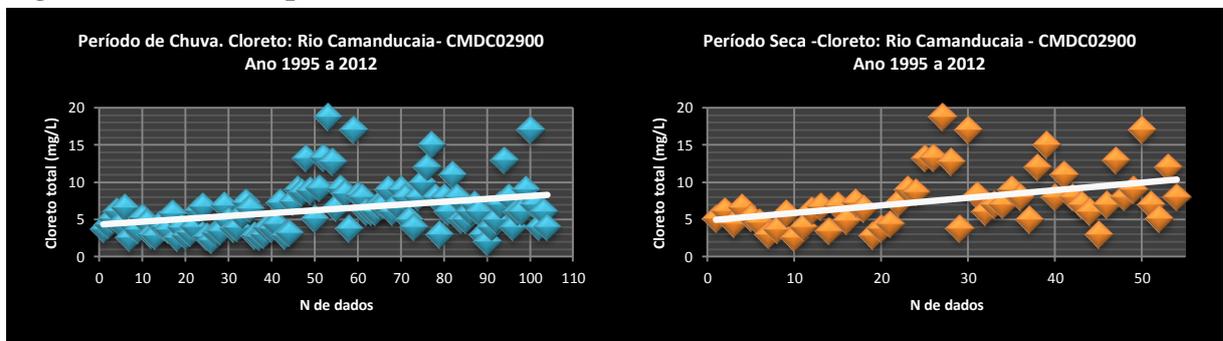
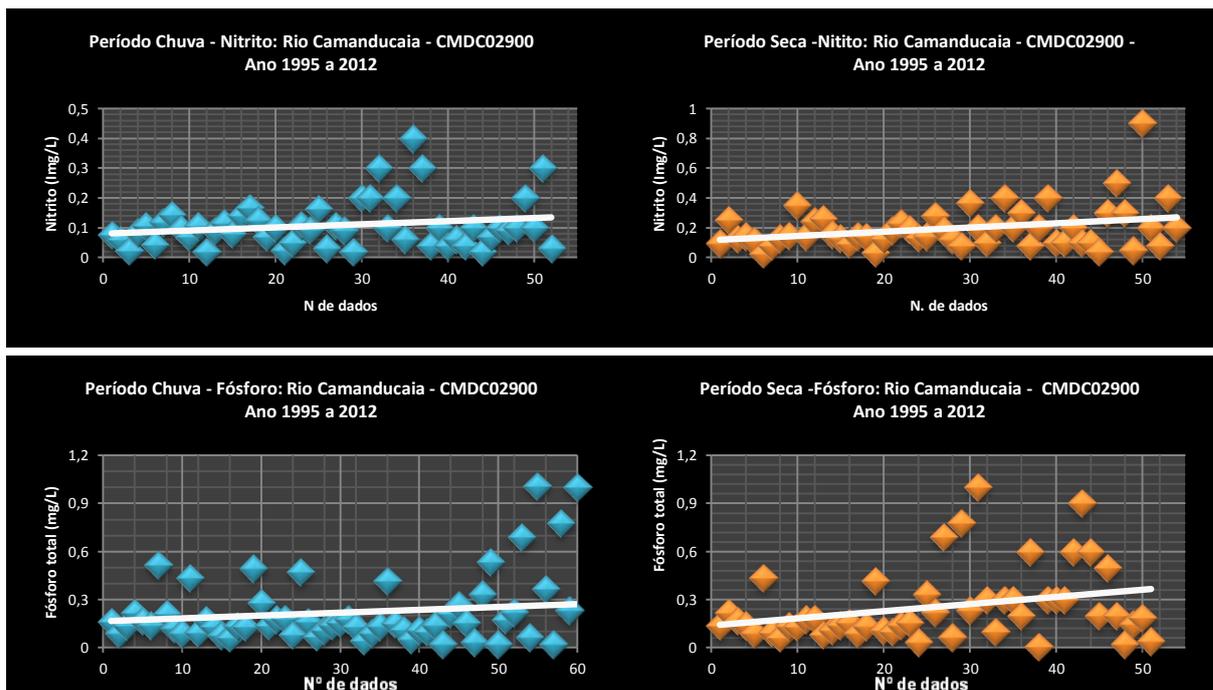


Fig. 18 continuação



No ponto do Rio Jaguari, no período de seca, há um aumento dos teores de cloreto total, nitrito, N-Kjeldhal, N-amoniaco, condutividade e substâncias tensoativas. No período chuvoso há um aumento da turbidez e sólidos totais na água (Fig.19)

Fig. 19 Variáveis no período de chuva e seca - Rio Jaguari – Ponto JAGR02800

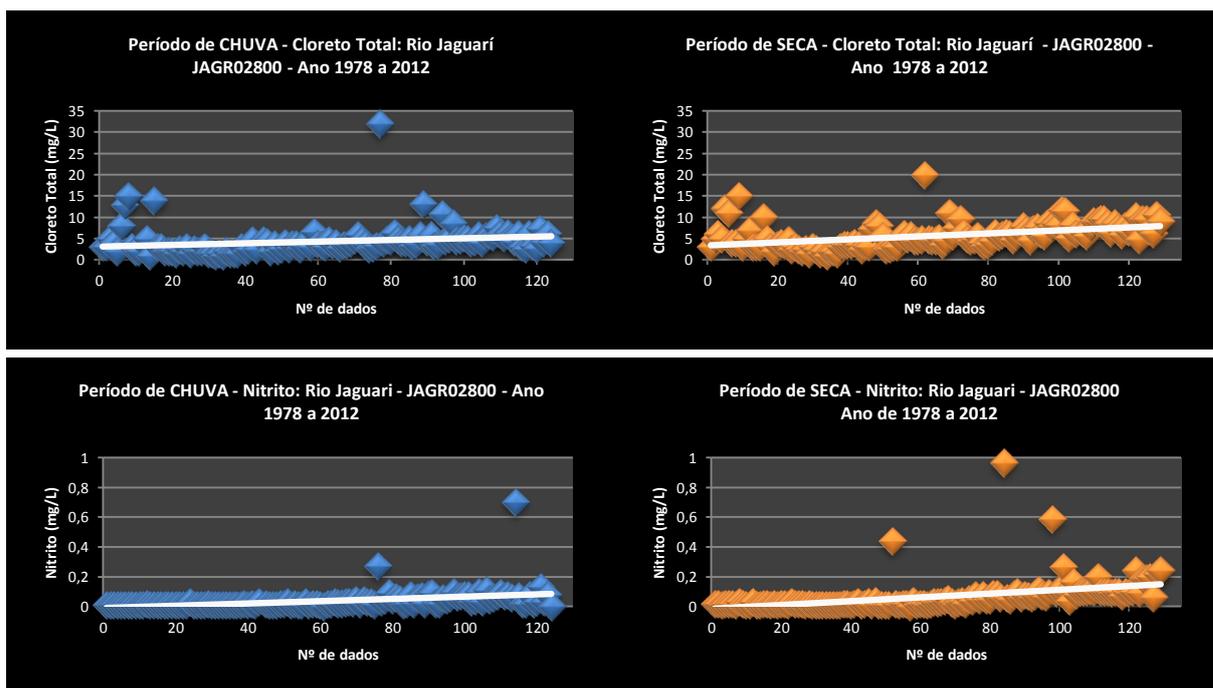


Fig. 19 Continuação

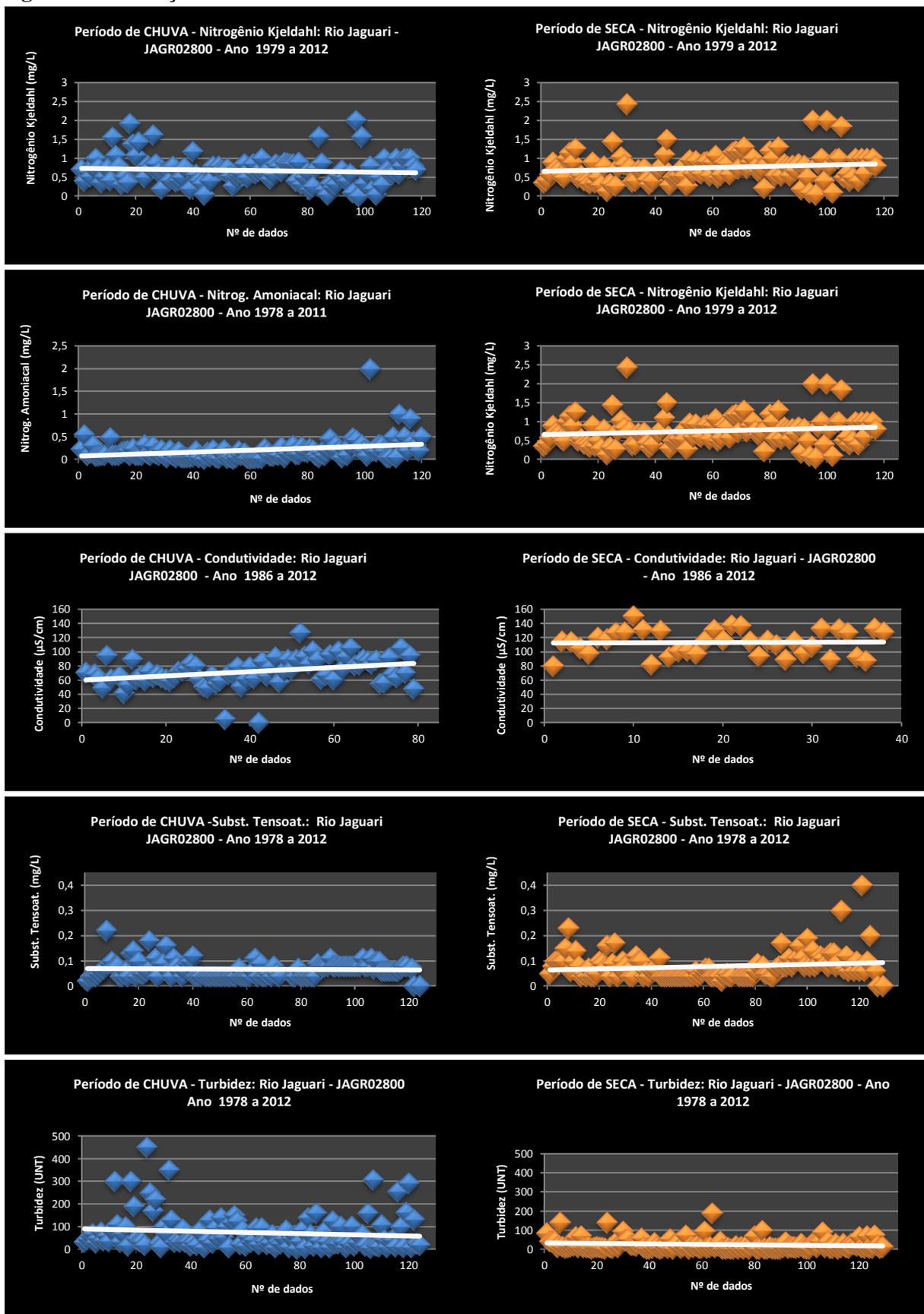
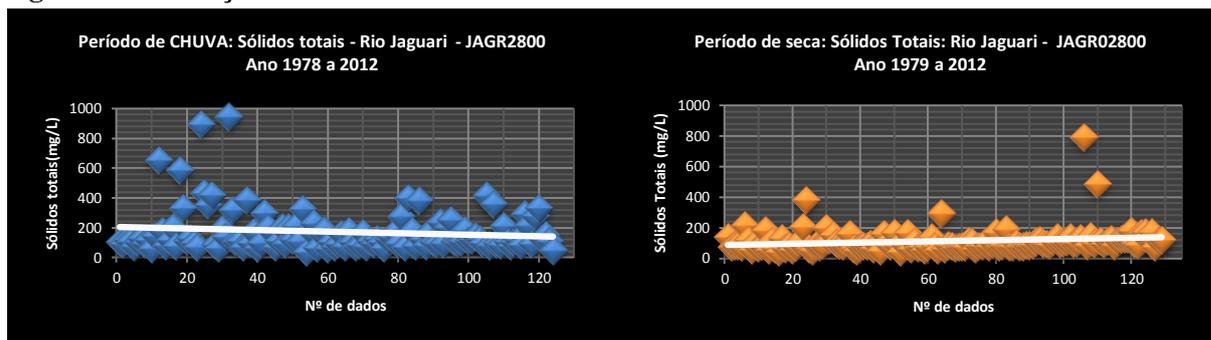


Fig. 19 Continuação



4.6 ANÁLISE DOS ÍNDICES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

Uma das principais vantagens do uso de índices de qualidade é a redução dos dados de vários parâmetros físico-químicos e biológicos analisados em um único valor, que expressa a qualidade das águas.

Em função dos objetivos de uso preponderante das águas (abastecimento público, balneabilidade, proteção da vida aquática, dentre outros), esses índices podem classificar as águas em diferentes classes, como por exemplo, em ótima, boa, regular, ruim e péssima. Através desses índices é possível ter uma ordem de magnitude temporal e espacial dos indicadores da qualidade de águas, os quais podem indicar possíveis efeitos potenciais a um determinado corpo hídrico.

Os índices são ferramentas efetivas de comunicação das tendências ambientais e interpretam as informações de forma a facilitar o entendimento da qualidade da água para o público em geral, permitindo aos gestores o planejamento e a implementação de programas estratégicos direcionados às soluções ambientais de risco nas bacias hidrográficas (LANDWEHR & DEININGER, 1976; HOUSE & NEWSOME, 1989).

A CETESB divulga nos seus relatórios de qualidade das águas os valores de todos os seus índices, e neste trabalho será apresentado, a seguir, as tendências dos dados de quatro índices de qualidade aplicados nas águas da bacia do Rio Piracicaba: IQA, IVA; IET e IAP.

4.6.1 IQA (Índice de Qualidade das Águas)

O IQA vem sendo utilizado pela CETESB desde 1978 para avaliar a qualidade das águas de todos os pontos da rede básica de monitoramento do Estado de São Paulo. Esse índice é calculado pelo produto ponderado de nove parâmetros (temperatura; pH; oxigênio dissolvido; demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes; nitrogênio total; fósforo total;

sólidos totais e turbidez), que indicam a presença de efluentes sanitários nas águas, fornecendo uma visão geral das condições de qualidade das águas.

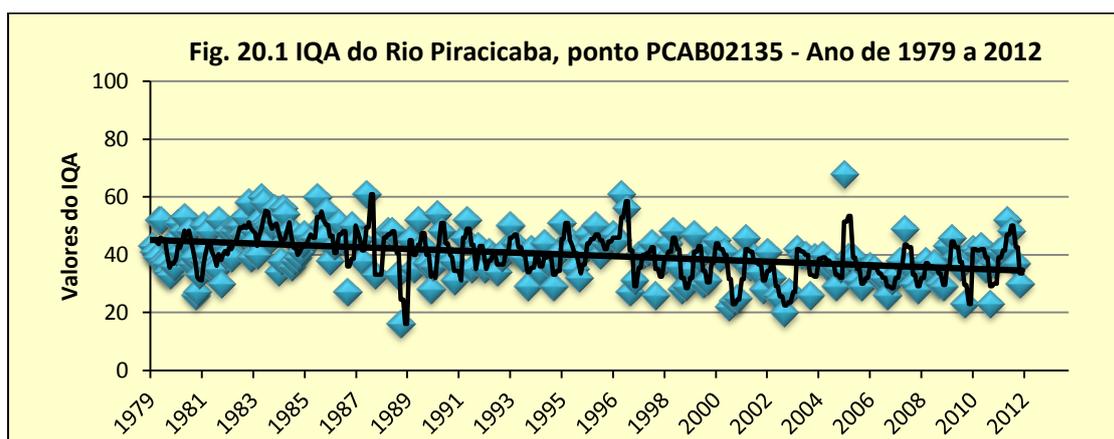
O IQA estabelece cinco classes de águas superficiais, sendo que quanto menor o valor pior a classificação da qualidade das águas (Tabela 9).

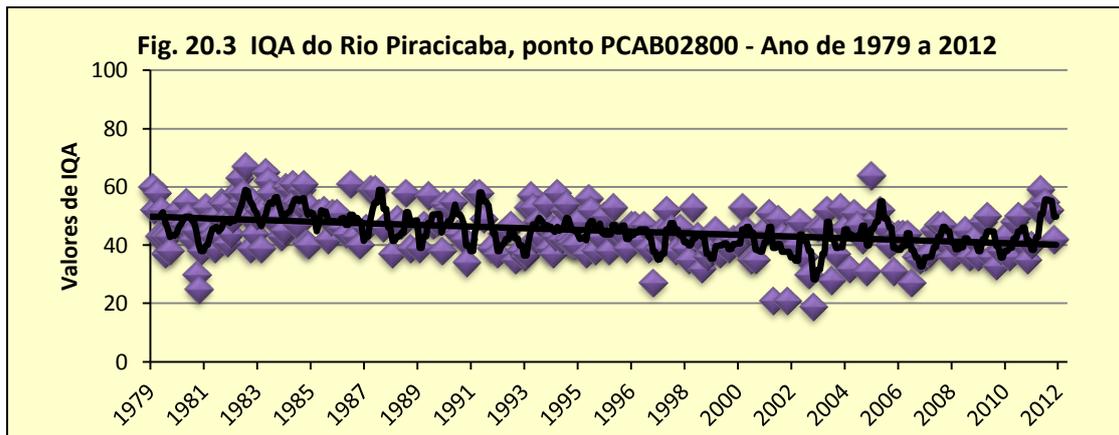
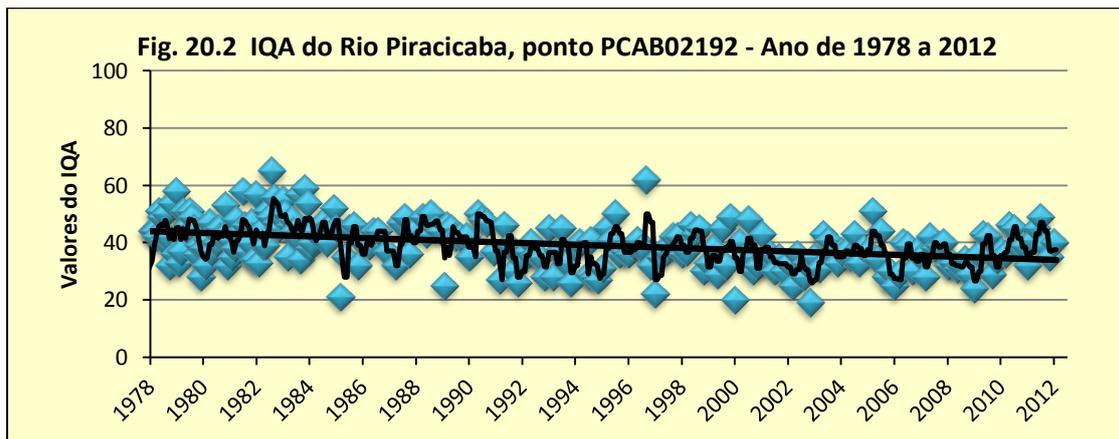
Tabela 9 – Faixas de valores de IQA e a classificação das águas.

Valores de IQA	Classificação
80 a 100	Ótimo
52 a 79	Bom
37 a 51	Regular
20 a 36	Ruim
0 a 19	Péssimo

4.6.1.1 IQA do Rio Piracicaba (Pontos PCAB 2135; PCAB2192 e PCAB 2800)

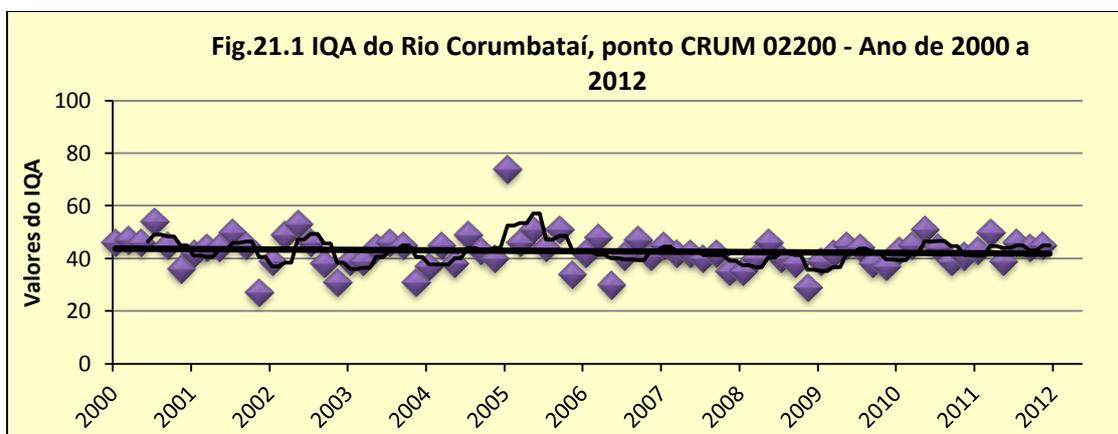
Os valores do IQA do Rio Piracicaba, conforme demonstrado nas figuras 20.1 a 20.3, mostram que há uma tendência de diminuição, estatisticamente significativa, ao longo desses 35 anos de monitoramento. Portanto, isso significa que houve uma piora da qualidade das águas desse rio nos três pontos de amostragem.

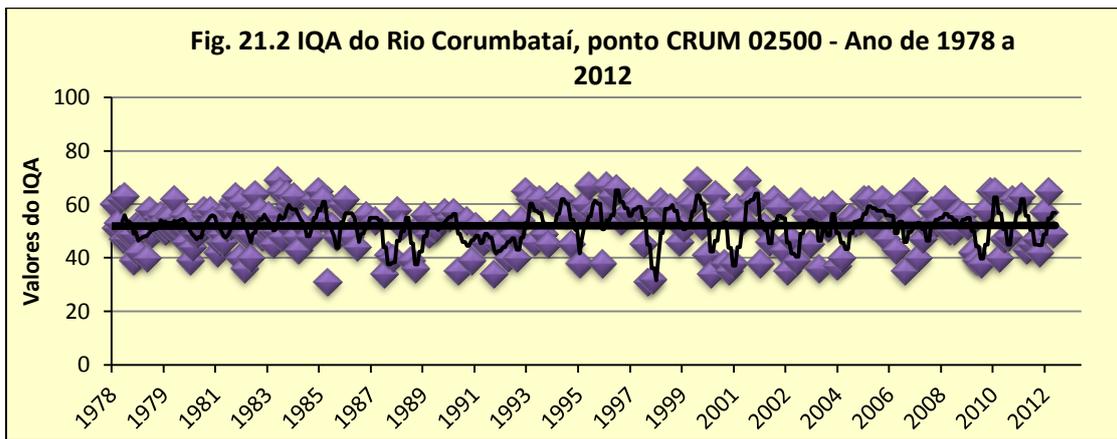




4.6.1.2 IQA Rio Corumbataí (Pontos CRUM 02200 e CRUM02500)

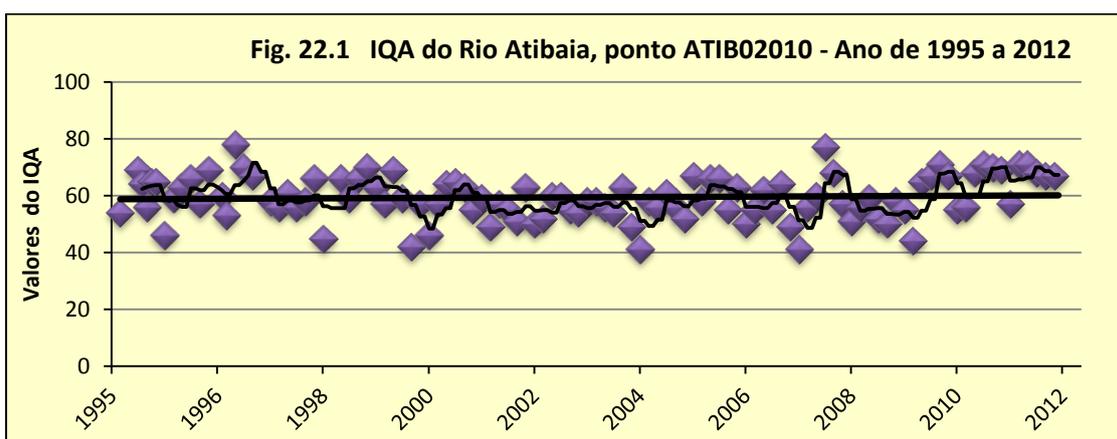
Os valores de IQA do Rio Corumbataí também tiveram um decréscimo ao longo do tempo e estão representados nas figuras 21.1 a 21.2, mostrando um ligeiro aumento da poluição, embora para o ponto CRUM02500 não há diferença significativa entre os valores do IQA dos cinco primeiros anos com os cinco últimos.

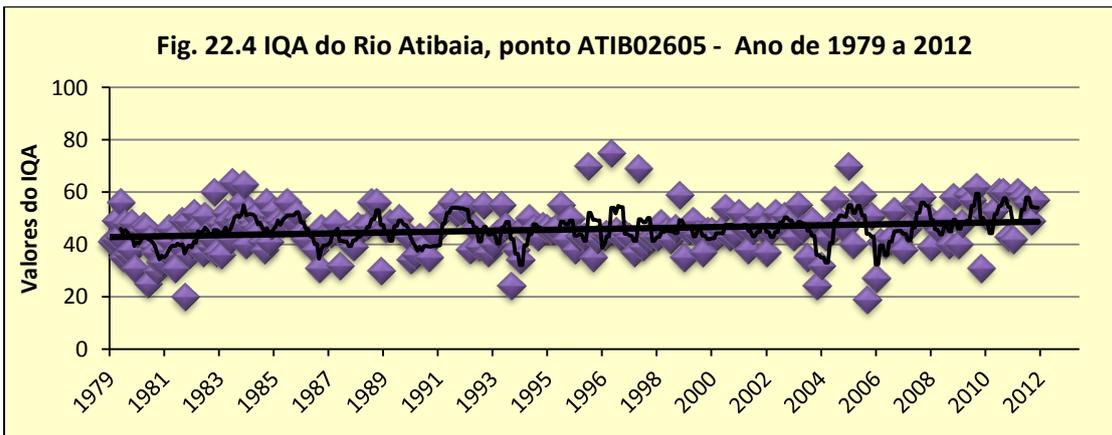
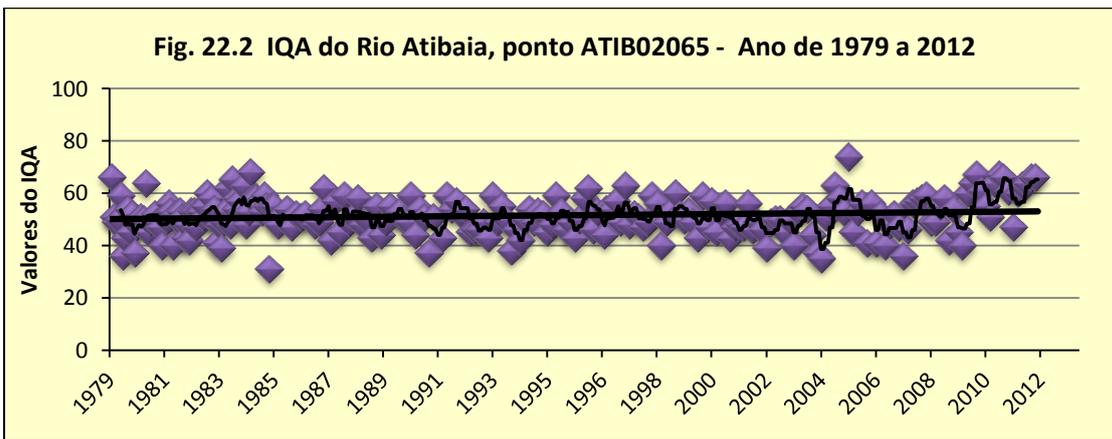




4.6.1.3 IQA (Índice de Qualidade das Águas) - Rio Atibaia ATIB02010; ATIB02065; ATIB02605

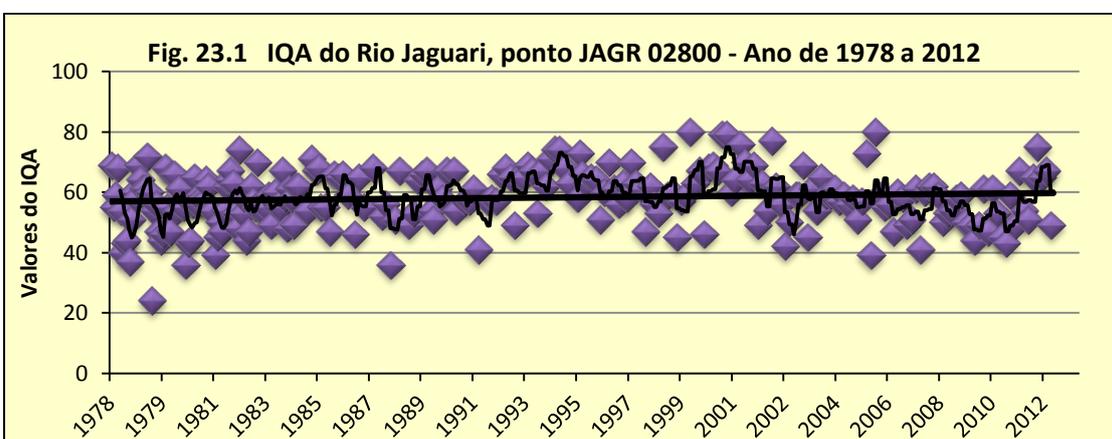
Os valores de IQA do Rio Atibaia nos pontos ATIB02010 e 02065 se mantiveram praticamente estáveis ao longo do período de amostragem, não havendo diferença significativa entre os valores dos pontos ATIB02010 e ATIB02065, enquanto que o ponto ATIB02605 apresentou uma melhora estatisticamente significativa entre os primeiros anos com os últimos (Anexo B). A média móvel dos últimos anos mostra uma tendência de aumento dos valores de IQA, ou seja, uma melhoria da qualidade das suas águas em todos os pontos.



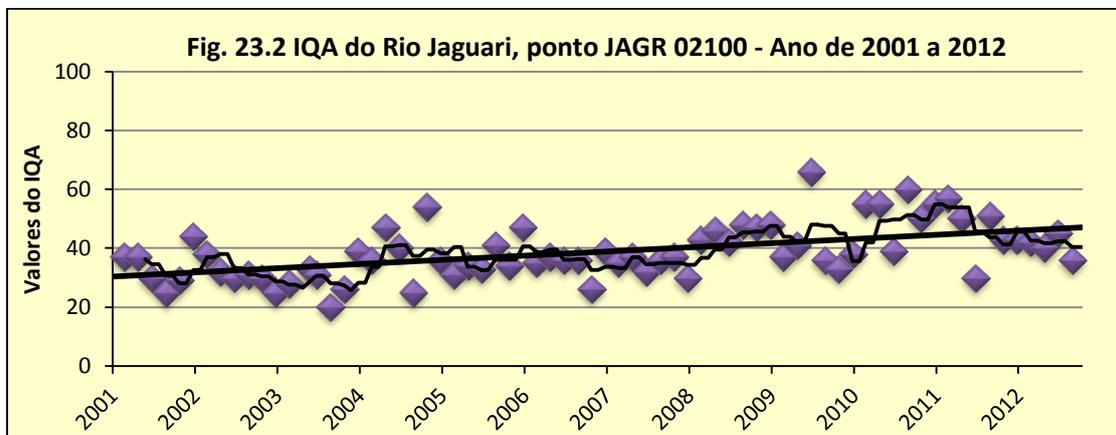


4.6.1.4 IQA (Índice de Qualidade das Águas) - Rio Jaguari (JAGR02100; JAGR02800)

O único ponto do Rio Jaguari (JAGR02800) com dados de monitoramento desde 1978 mostra que não há tendência de alteração do valor de IQA, pois as análises estatísticas não evidenciaram diferenças significativas entre os 10 primeiros anos com os 10 últimos (Fig. 23.1).

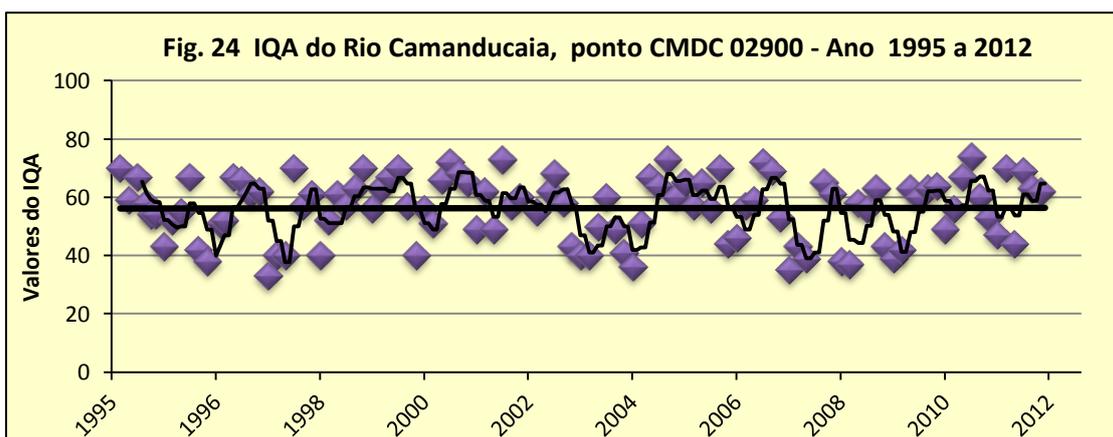


Para o ponto (JAGR02100) temos apenas 12 anos de dados de IQA (Fig. 23.2), e os dados mostram uma tendência estatisticamente significativa de melhora da qualidade da água.



4.6.1.5 IQA (Índice de Qualidade das Águas) - Rio Camanducaia

Para o ponto CDMC2900, com dados de IQA de 1995 a 2012, plotados na figura 24, verificou-se pela análise estatística que não existe diferença significativa dos valores de IQA dos períodos de 1995/2003 e 2004/2012, ou seja, os valores de IQA se mantiveram ao longo desses 18 anos de monitoramento.



4.6.2 IVA – Índice de qualidade de águas para a Proteção da Vida Aquática

A implementação prática do IVA no monitoramento das águas pela CETESB se deu em 2002 e tem como objetivo classificar a qualidade das águas com vistas à proteção da vida aquática.

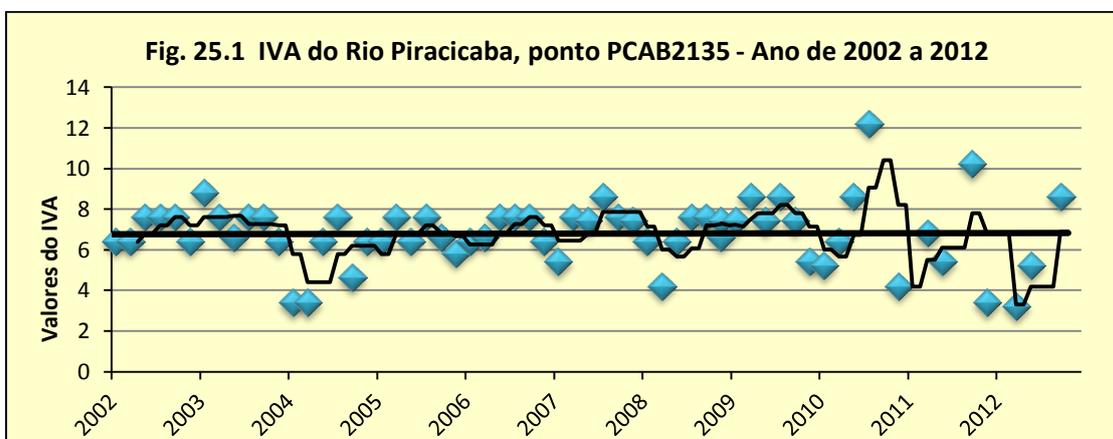
Esse índice leva em consideração os parâmetros pH, OD, toxicidade, metais e integra também o IET (Índice de Estado Trófico), classificando suas águas de acordo com a tabela 11. Em 2005, o modelo do Índice do Estado Trófico (IET) que integra o IVA teve um ajuste.

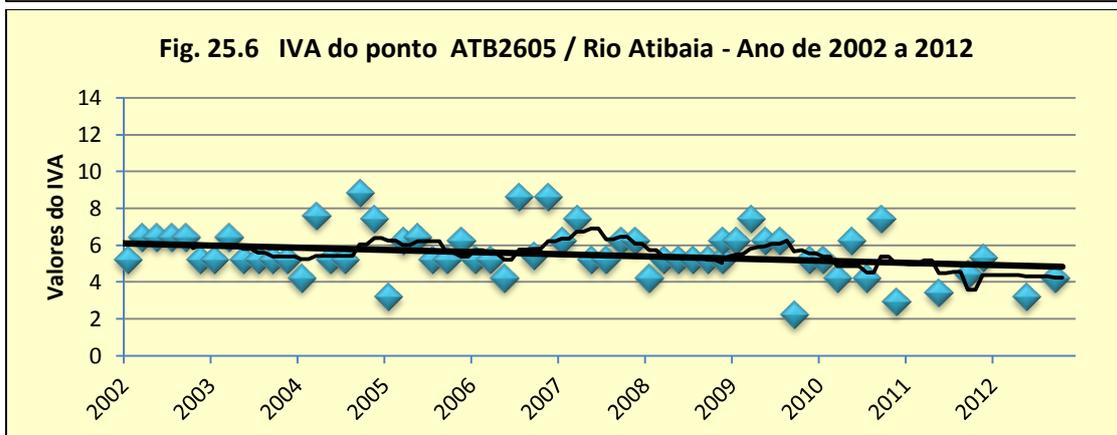
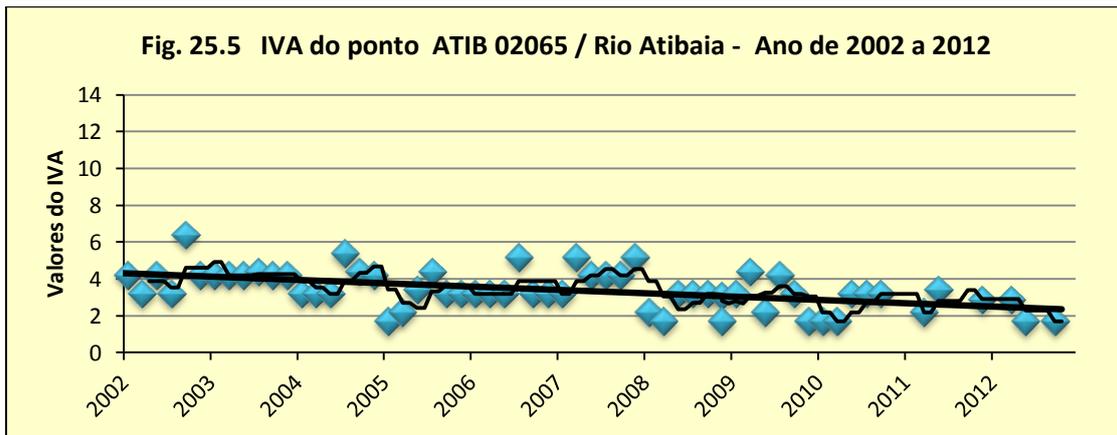
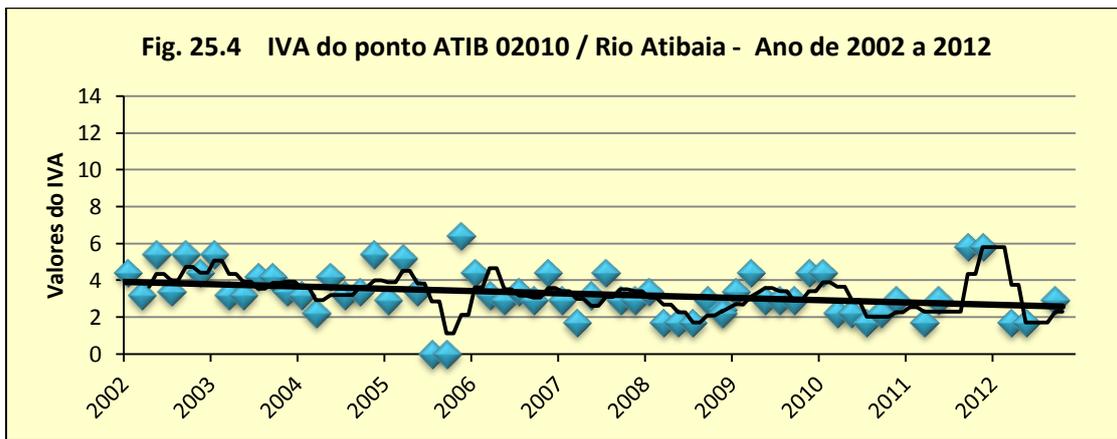
Tabela 11. Valores de IVA e classificação das águas

Valores de IVA	Classificação
$\leq 2,2$	Ótima
$2,9 \leq IVA \leq 3,2$	Boa
$3,4 \leq IVA \leq 4,4$	Regular
$4,6 \leq IVA \leq 6,6$	Ruim
$6,8 \leq IVA > 7,6$	Péssima

4.6.2.1 IVA do Rio Piracicaba

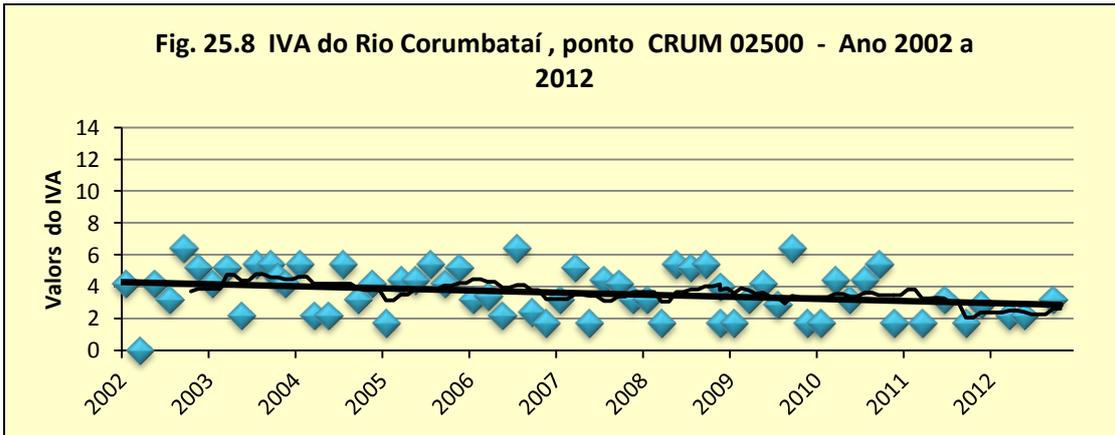
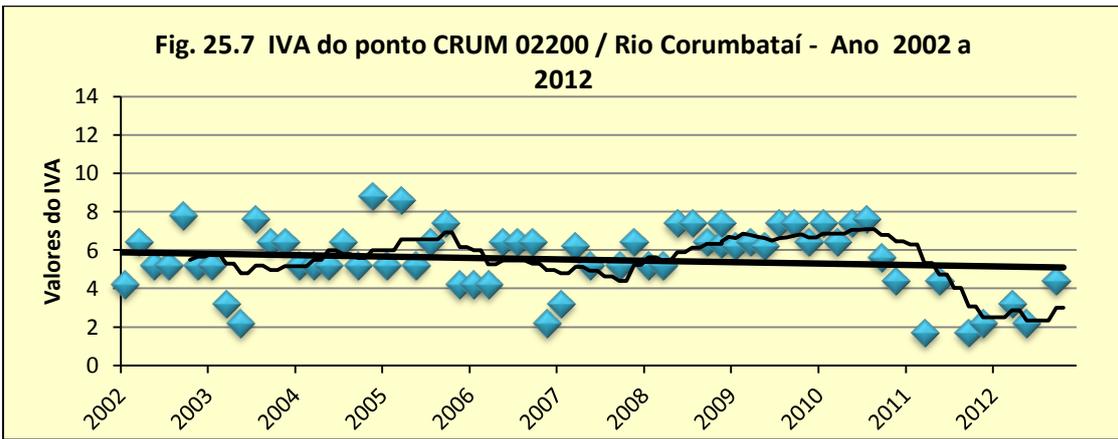
Os valores do IVA do ponto PCAB02135 do Rio Piracicaba (Figuras 25.1) se mantiveram ao longo dos anos, com valor em torno de sete, o que classifica as águas como de péssima qualidade, fato esse devido aos parâmetros essenciais que compõem esse índice, como por exemplo, o oxigênio dissolvido, que nesse ponto e também no ponto PCAB02800 do rio é extremamente comprometedor para a proteção da vida aquática. Os pontos PCAB2192 e PCAB2800 (Figs. 25.2 e 25.3) mostram que a inclinação da linha é de melhoria da qualidade das águas, embora ainda com valores elevados, o que classifica as águas desses pontos como péssima.





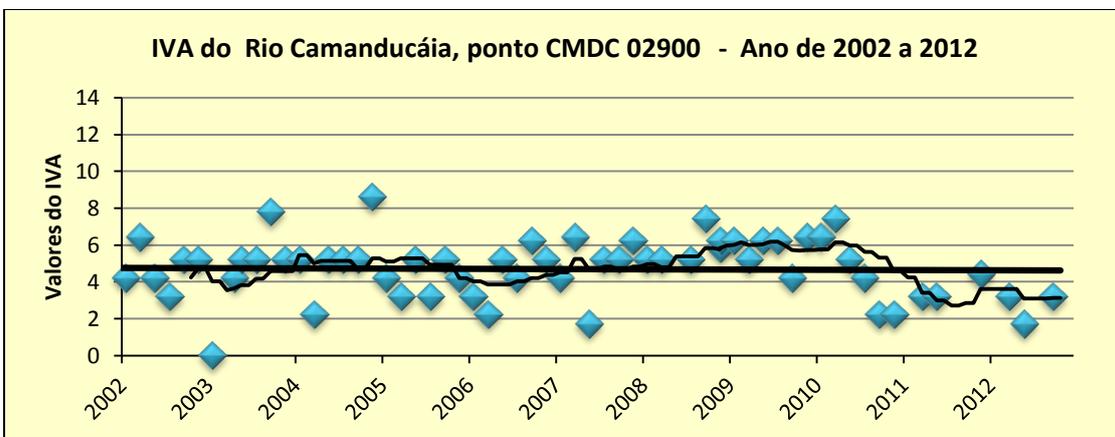
4.6.2.3 IVA do Rio Corumbataí

No Rio Corumbataí, ponto CRUM02200 (Fig. 25.7), o valor de IVA está em torno de 6 (qualidade ruim) e sua linha de tendência não evidencia melhora ou piora de qualidade, embora a média móvel nos últimos anos mostra uma tendência de melhora. Já o ponto CRUM02500 (Fig. 25.8), próximo à desembocadura no Rio Piracicaba, comparativamente com o ponto a montante, apresenta uma melhora na qualidade, tendo valor de IVA nestes últimos anos inferior a 4 (qualidade regular). A linha de tendência mostra uma melhora estatisticamente significativa.



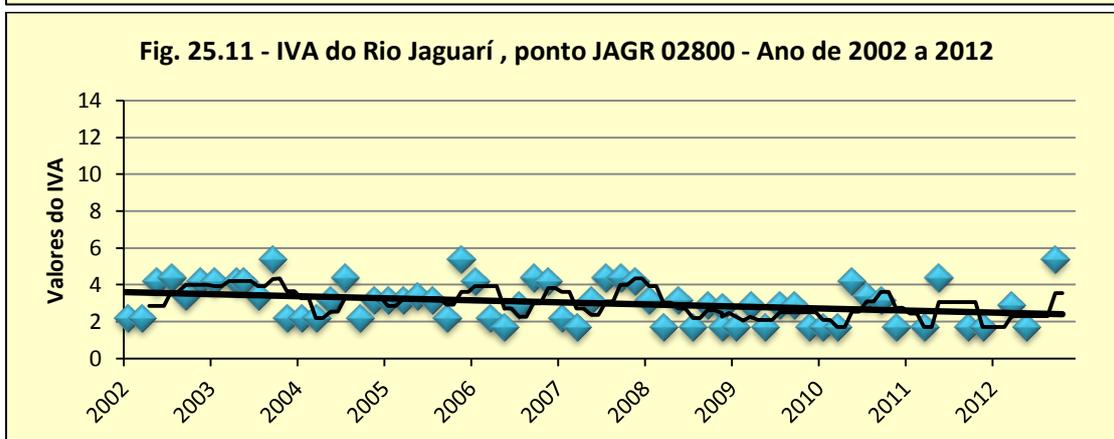
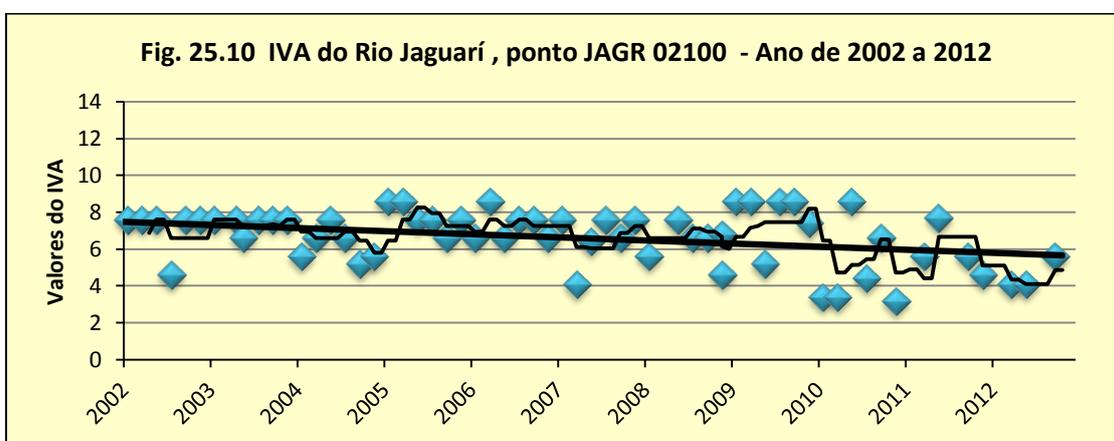
4.6.2.4 IVA do Rio Camanducaia

A análise estatística dos dados do IVA do Rio Camanducaia (CMDC02900), não evidenciou diferença dos valores ao longo desses 10 anos de monitoramento (Fig. 25.9). No entanto, a média móvel mostra uma tendência de melhoria nos últimos anos.



4.6.2.5 IVA do Rio Jaguari

Os pontos do Rio Jaguari mostram uma tendência de melhoria da qualidade de suas águas nestes últimos 10 anos (Figs. 25.10 e 25.11). O ponto que apresenta a pior qualidade de água é o JAGR02100, com um valor de IVA em torno de sete em 2002, (qualidade péssima), passando para seis em 2012 (qualidade ruim), sendo essa diferença estatisticamente significativa. É importante lembrar que as águas desse ponto recebe, a sua montante, o ribeirão Lavapés que está altamente poluído por carga orgânica, oriunda dos esgotos domésticos da cidade de Bragança Paulista, que não possui nenhum sistema de tratamento (CETESB, 2013).



4.6.3 IET Índice do Estado Trófico das águas

O índice de eutrofização das águas integra os teores de fósforo, clorofila e nitrogênio, e foi implementado no monitoramento da qualidade das águas pela CETESB em 2002 e as classifica de acordo com seu potencial de eutrofização (Tabela 12). Até 2004 esse índice apresentava uma variabilidade muito grande e em 2005 o modelo do IET foi ajustado de acordo com LAMPARELLI (2004). Portanto os dados apresentados neste trabalho partem do ano de 2005 a 2011.

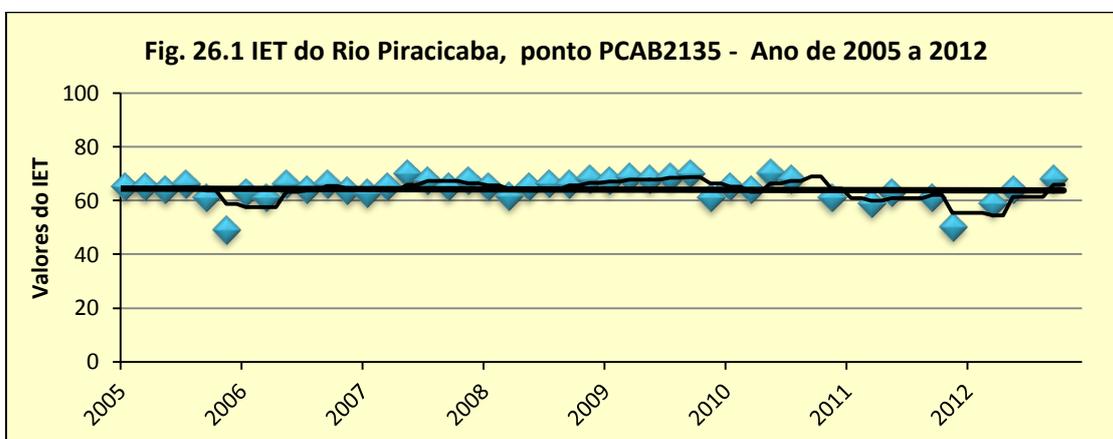
Tabela 12. Valores de IET e classificação das águas

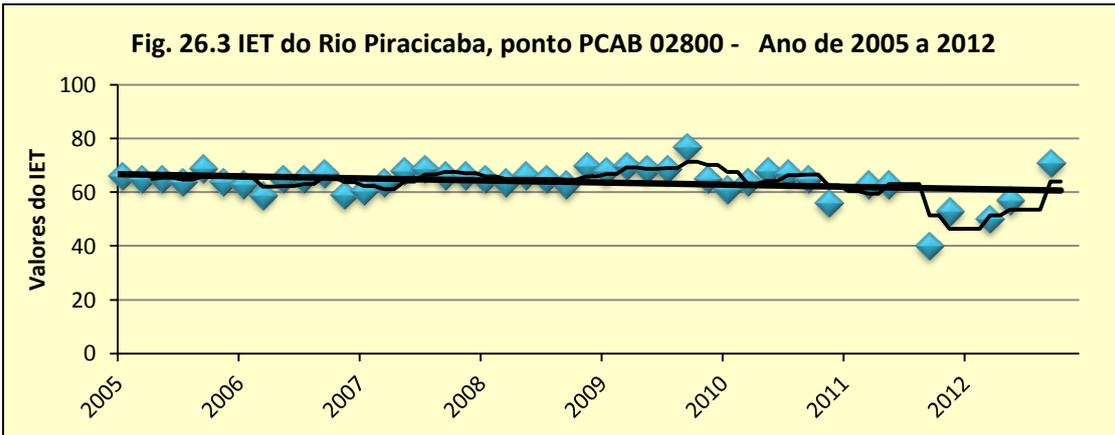
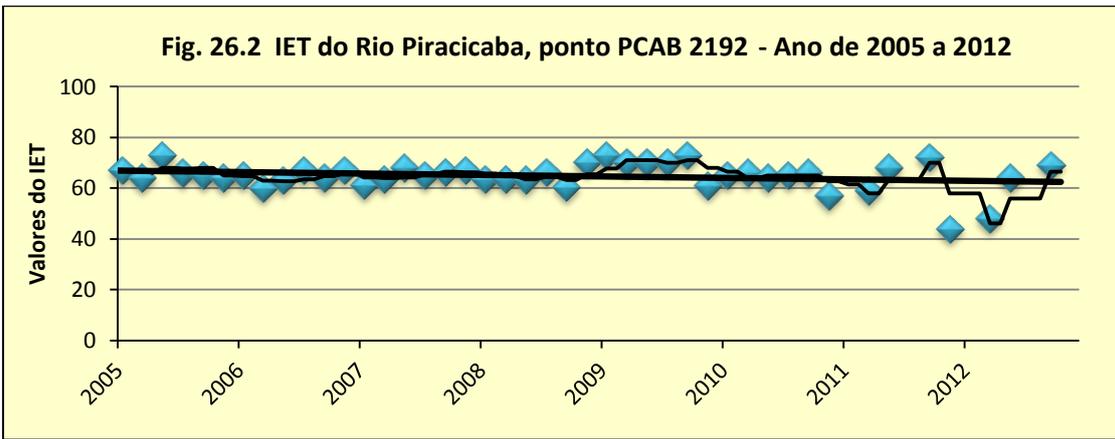
Valores de IET	Classificação
$IET \leq 47$	Ultraoligotrófico
$47 < IET \leq 52$	Oligotrófico
$52 < IET \leq 59$	Mesotrófico
$59 < IET \leq 63$	Eutrófico
$63 < IET \leq 67$	Supereutrófico
$IET > 67,5$	Hipereutrófico

Os dados de IET para todos os rios em estudo estão representados nas figuras 26.1 a 26.11.

4.6.3.1 IET - Rio Piracicaba

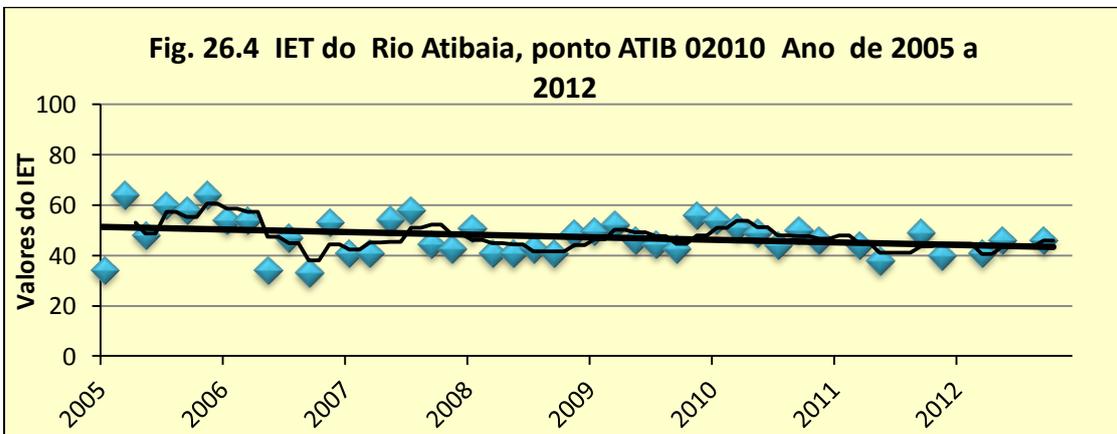
Para todos os pontos do Rio Piracicaba (Figs. 26.1 a 26.3) observa-se baixa variabilidade e estabilidade dos valores do IET, num estado de eutrofia elevado entre hipereutrófico e eutrófico. É importante lembrar que nesses pontos os níveis elevados de nitrogênio e fósforo vêm aumentando significativamente ao longo desses 35 anos de monitoramento.



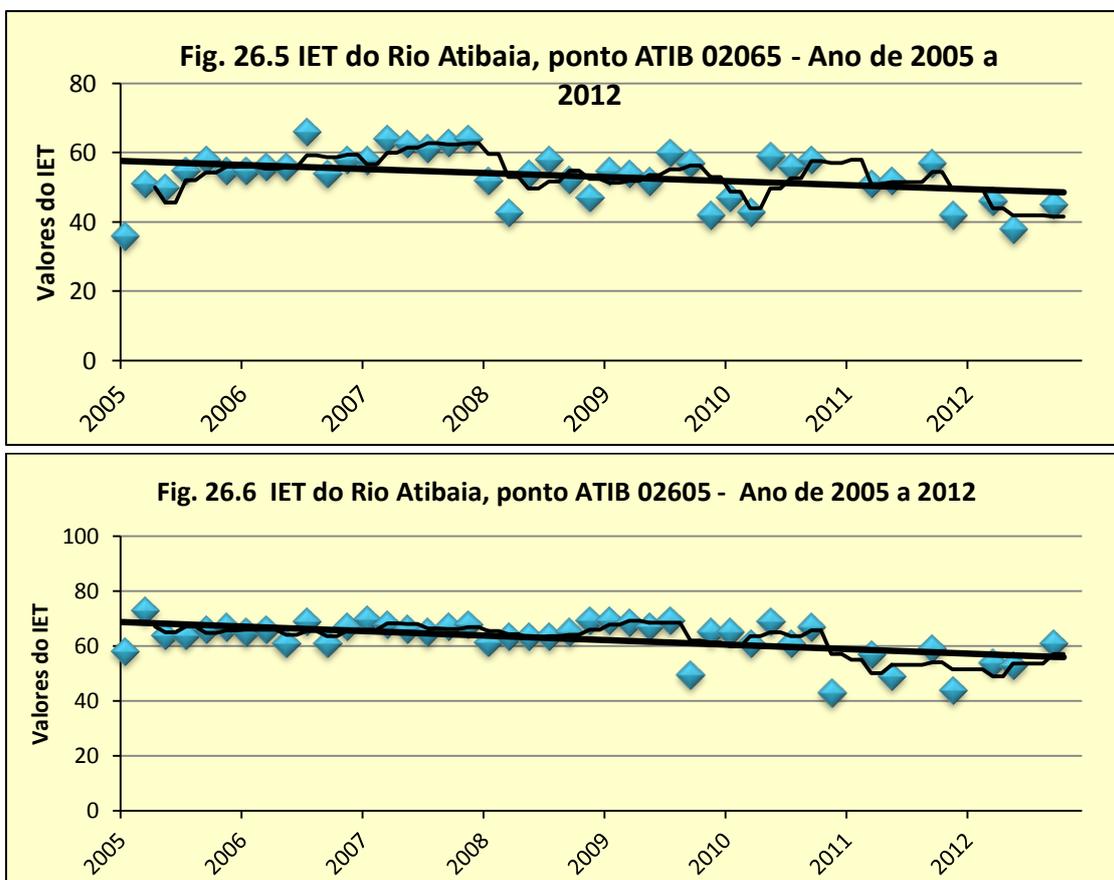


4.6.3.2 IET - Rio Atibaia

No Rio Atibaia, ponto ATIB02010 (Fig. 26.4), embora as diferenças não sejam estatisticamente significativas e mostra uma estabilidade nos valores de IET ao longo dos oito anos de monitoramento, verifica-se uma tendência de diminuição de seus valores nesses últimos anos, tendo níveis de trofia baixo, variando ente oligo a ultra oligotrófico.

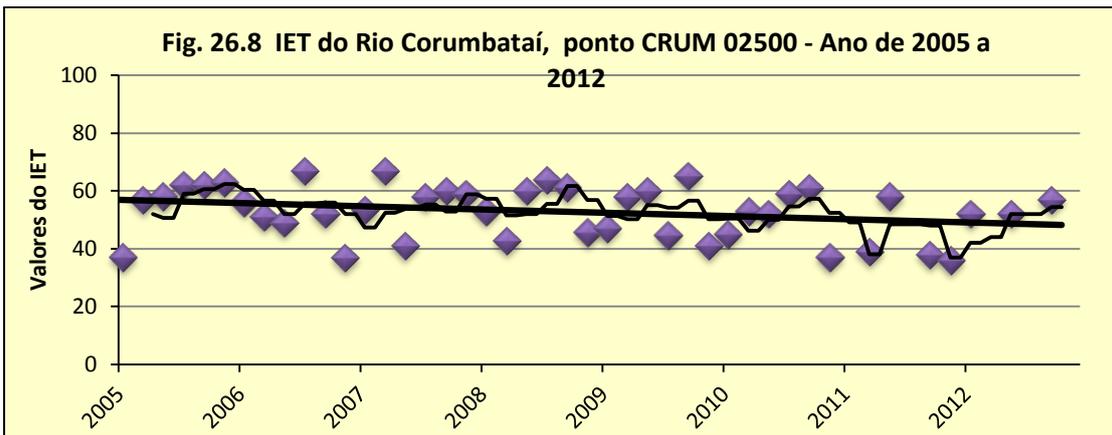
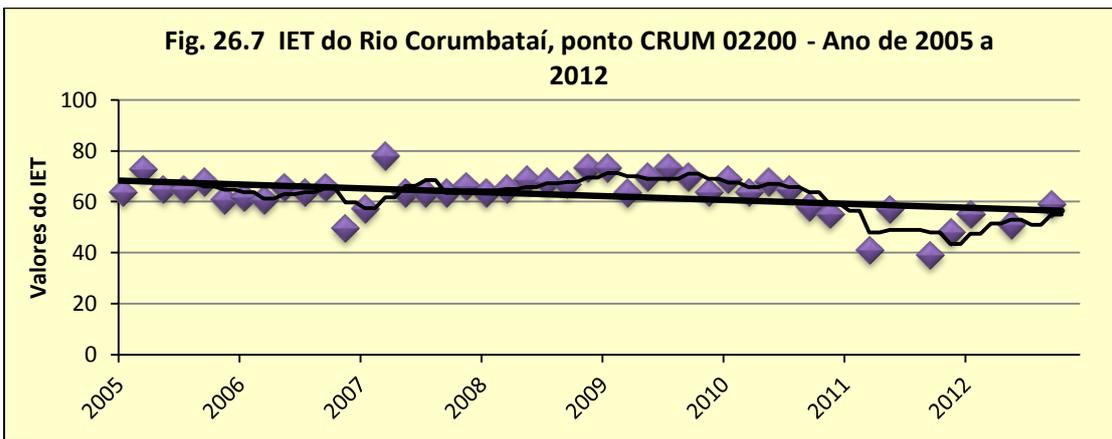


Nos pontos ATIB02065 e 02605, há uma tendência significativa de diminuição dos valores de IET e suas águas têm um nível de eutrofização bem mais elevado que o ponto à sua montante, variando de mesotrófico a eutrófico (Figs. 26.5 e 26.6).



4.6.3.3 IET - Rio Corumbataí

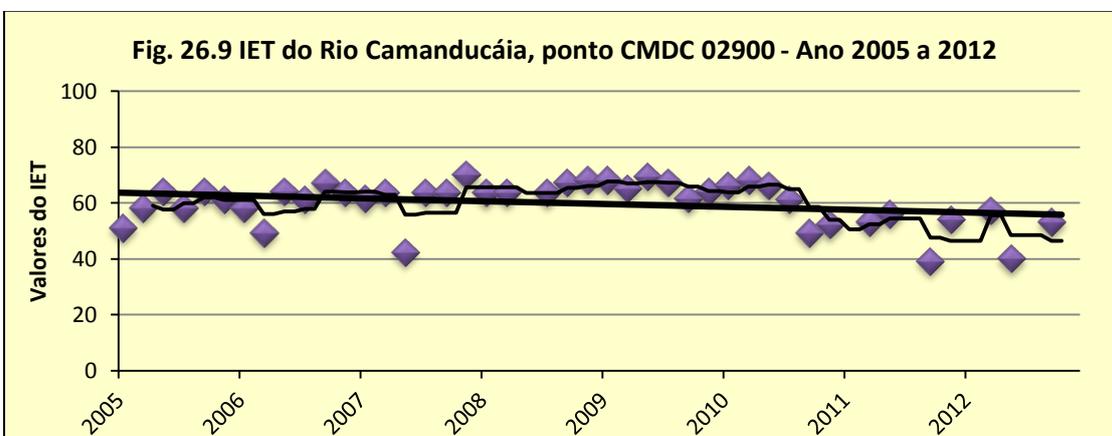
Os valores do IET do Rio Corumbataí estão representados nas figuras 26.7 e 26.8. Os valores desse índice para o ponto CRUM 02200, mais a montante, estão em torno de 60 (eutrófico), enquanto a jusante (Ponto CRUM 02500) o valor varia em torno de 50 (mesotrófico). A análise estatística dos dados desse último ponto mostra que os valores do IET dos anos de 2009/12 são menores do que os do início do monitoramento (2005 a 2008).



4.6.3.4 IET - Rio Camanducaia

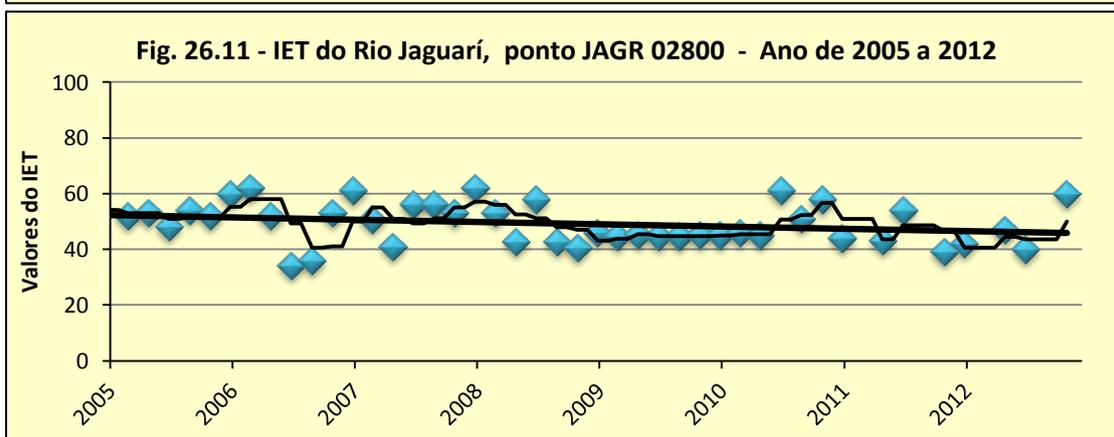
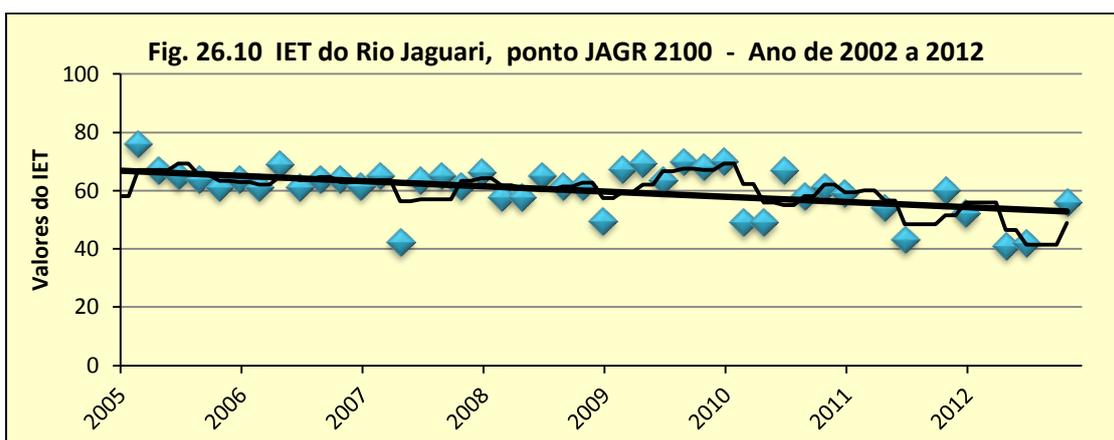
As águas dos rio Camanducaia (Figs. 26.9), embora as análises estatísticas não mostram diferença significativa entre os dados iniciais e finais, apresentam uma tendência de diminuição dos valores de IET.

O Rio Camanudcaia tem um valor de IET (60) que classifica suas águas como eutróficas.



4.6.3.5 IET - Rio Jaguari

No Rio Jaguari, no ponto a montante JAGR 02100, tem um maior nível de eutrofização do que a jusante JAGR 02800, sendo suas águas eutróficas e oligotróficas, respectivamente. As análises estatísticas do ponto 02100 mostram que há uma diminuição dos valores do IET nos quatro últimos anos.



4.6.4 IAP – Índice de Qualidade da água bruta para fins de abastecimento público.

Este índice começou a ser utilizado pela CETESB em 2002 e tem como objetivo classificar a água bruta com fins para abastecimento público, de acordo com a tabela 10. Esse índice leva em consideração as variáveis organolépticas (Fe, Al, Cu, Zn e Mn), substâncias tóxicas (Cd, Pb, Cr, Ag e Ni), teste de Ames, potencial de formação de trihalometanos e células de cianobactérias. Em função da Resolução CONAMA 357 de 2005, que estabeleceu novos padrões ambientais, as curvas de qualidade de algumas variáveis foram ajustadas. A partir de 2005 esse índice sofreu uma pequena alteração no seu cálculo.

Tabela 10. Valores do IAP e classificação das águas

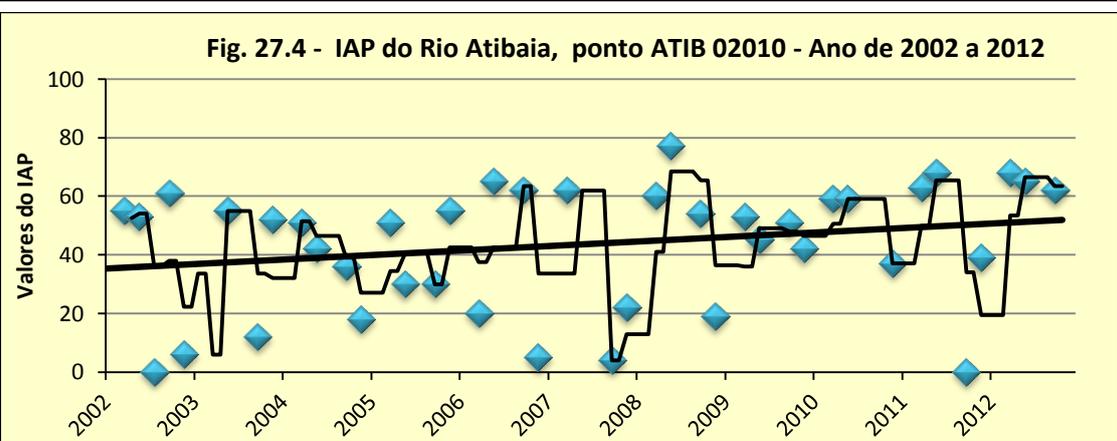
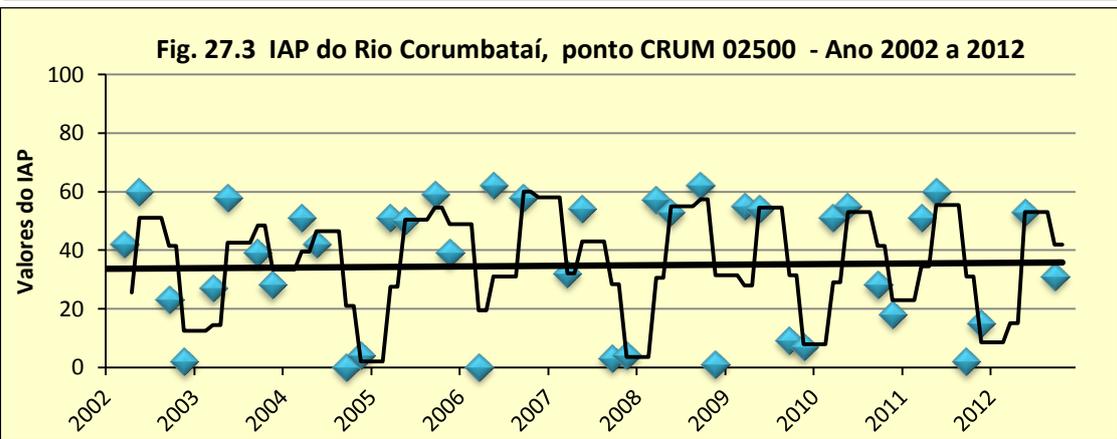
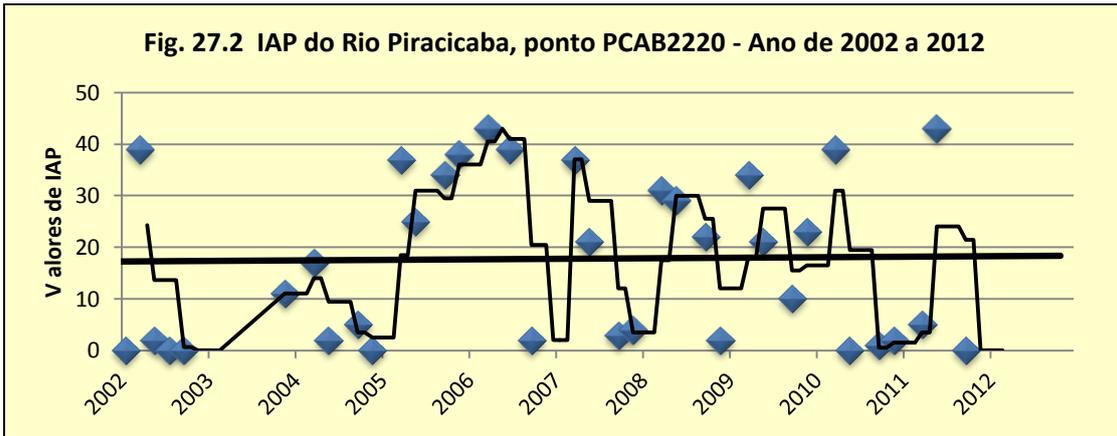
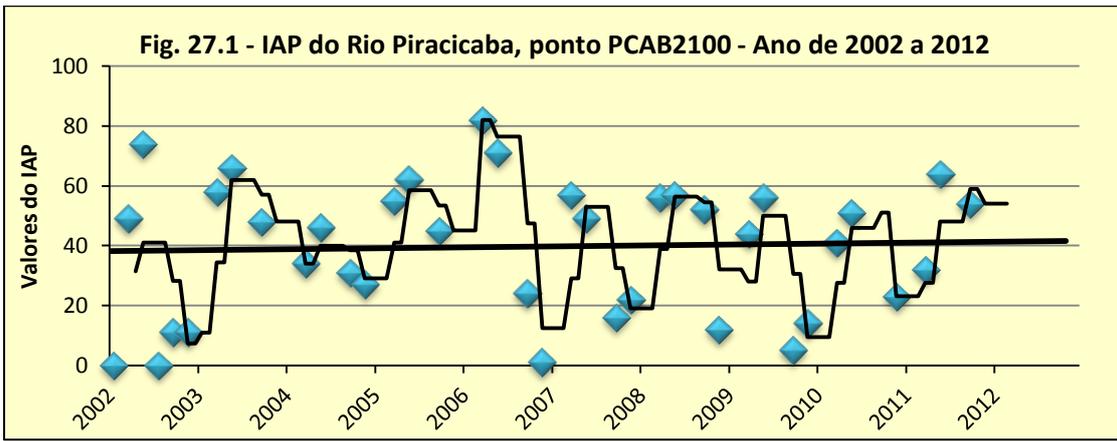
Valores de IAP	Classificação
80 a 100	Ótima
52 a 79	Boa
37 a 51	Regular
20 a 36	Ruim
≤19	Péssima

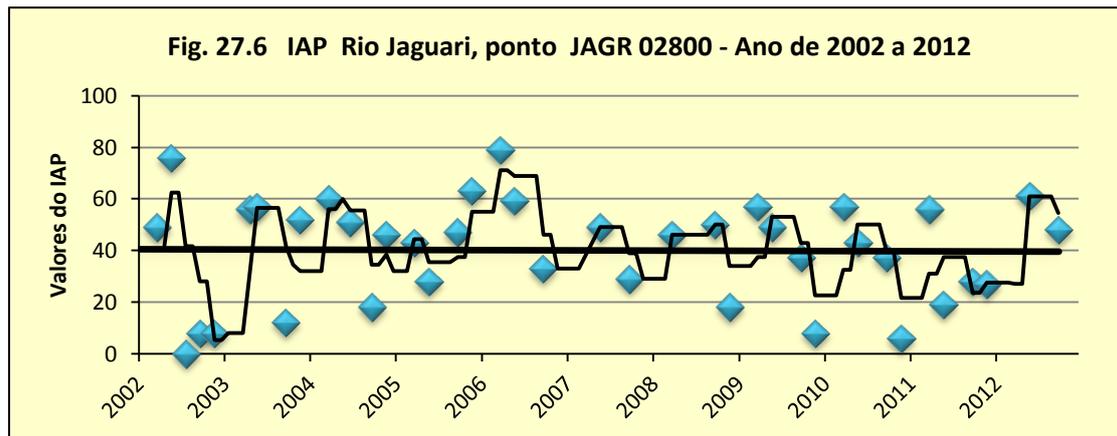
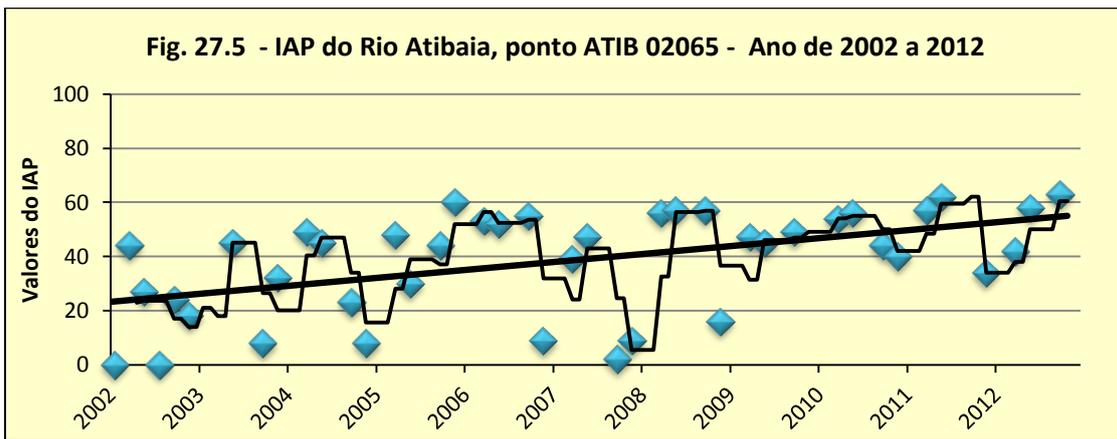
Não há dados de monitoramento do IAP nos pontos do Rio Piracicaba selecionados neste estudo, no entanto, os comentários serão feitos apenas para dois pontos de monitoramento da CETESB, que possuem dados do IAP, ou seja os pontos PCAB2100, que fica junto à captação de água da cidade de Americana, na localidade de Carioba, e PCAB02220 a 2,5 km a jusante da foz do Ribeirão Piracicamirim, em Piracicaba.

Os gráficos dos dados desse índice, de todos os pontos da bacia do Rio Piracicaba, estão representados nas figuras 27.1 a 27.6. Verifica-se que é um índice que tem uma variabilidade extrema de valores de um mês ao outro, ao longo dos anos, variando de zero (classificação péssima) a >80 (ótima).

Embora as linhas de tendência mostrem suas ascendência ou descendência de melhora ou piora da qualidade das águas, as análises estatísticas, exceto para o ponto do Rio Atibaia ATIB 02065, não evidenciaram diferenças nos valores dos primeiros anos com os últimos, provavelmente devido à alta variação dos dados.

É importante salientar que um índice que apresenta uma variação extrema em seus valores, de uma amostragem a outra, pode não ser facilmente compreendido, perdendo seu significado prático e sistemático para atender ao seu objetivo de uso. Por ser um índice relativamente novo, é importante que os parâmetros e os cálculos que os compõem sejam reavaliados. HOUSE & NEWSOME (1989) e TYSON & HOUSE (1989) avaliando e validando diferentes índices de qualidade de águas, mencionam que a baixa reprodutibilidade e principalmente a sensibilidade exata dos índices podem sub ou superestimar a classificação subjetiva das águas.





4.6.5 Representação da qualidade das águas em função de cada índice

Nas tabelas 13 a 16 estão compilados os valores médios dos índices IQA, IVA, IET e IAP destes últimos 10 anos, para cada ponto em estudo, e a classificação das suas águas. Nas figuras 28 a 31 estão representados os perfis dos rios com a classificação da qualidade de suas águas, de acordo com cada índice. Nota-se por essas figuras que todos os índices (IQA, IVA, IET, IAP) mostram que o Rio Piracicaba, nos três pontos em estudo, está com a pior qualidade de águas de sua bacia hidrográfica, provavelmente pelo fato de receber efluentes doméstico e industrial da região, além da carga poluidora advinda dos vários tributários que servem apenas para o escoamento dos despejos, muitas vezes *in natura*, gerados pelas cidades circunvizinhas.

Tabela 13. Valores médios do IQA destes últimos 10 anos (2003 a 2012)

Rio	Ponto	Valor médio do IQA	Classificação
Piracicaba	PCAB02135	36	Ruim
	PCAB02192	36	Ruim
	PCAB02800	42	Ruim
Corumbataí	CRUM02200	42	Regular
	CRUM02500	52	Bom
Atibaia	ATIB02010	59	Bom
	ATIB02065	53	Bom
	ATIB02605	48	Regular
Camanducaia	CMDC02300	51	Regular
	CMDC02900	55	Bom
Jaguari	JAGR02100	40	Regular
	JAGR02400	52	Bom

Fig. 28 Perfil dos rios da bacia do Piracicaba e representação da classificação de suas águas, de acordo com os valores médios do IQA destes últimos 10 anos

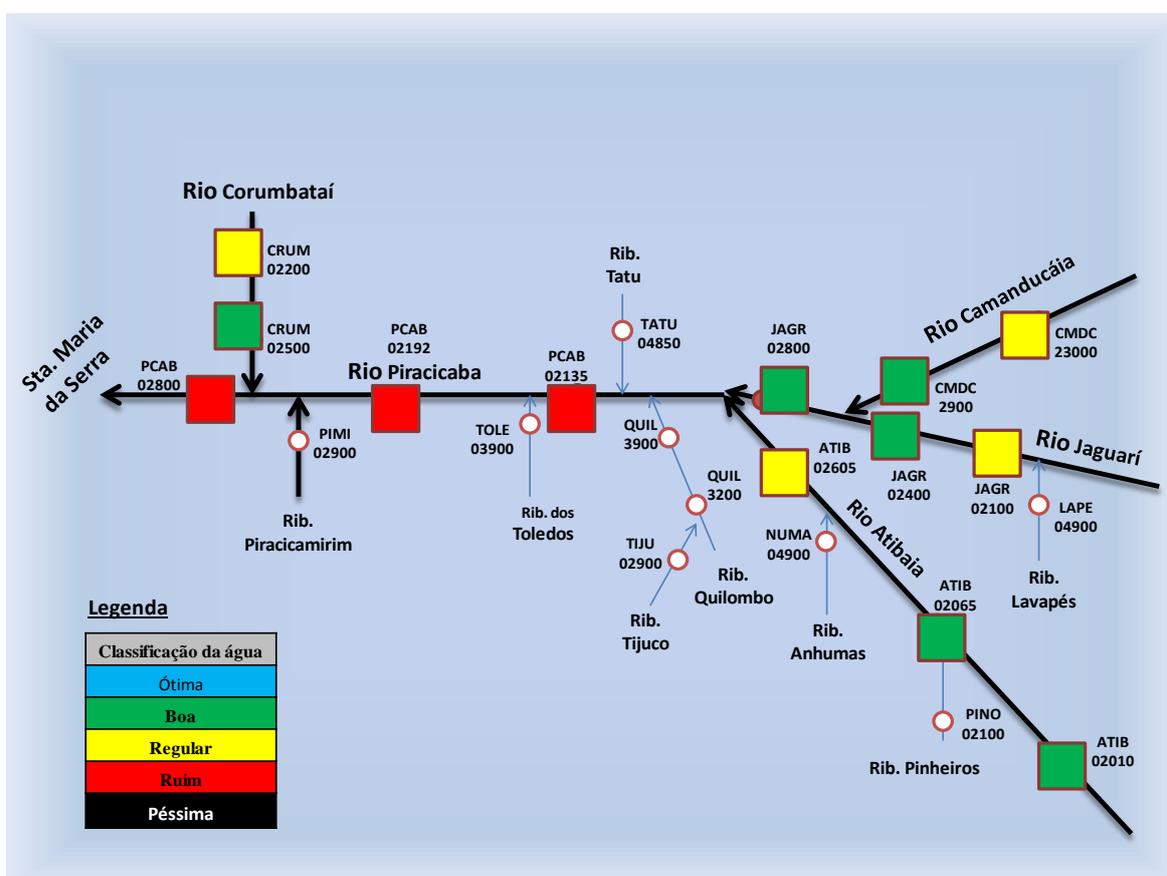


Tabela 14. Valores médios do IVA destes últimos 10 anos

Rio	Ponto	Valor médio do IVA	Classificação
Piracicaba	PCAB02135	6,8	Péssima
	PCAB02192	7,6	Péssima
	PCAB02800	6,5	Ruim
Corumbataí	CRUM02200	5,5	Ruim
	CRUM02500	3,6	Regular
Atibaia	ATIB02010	3,3	Regular
	ATIB02065	3,3	Regular
	ATIB02605	5,5	Ruim
Camanducaia	CMDC02300	3,4	Regular
	CMDC02900	4,8	Ruim
Jaguari	JAGR02100	6,6	Ruim
	JAGR02800	1,8	Ótima

Fig. 29 Perfil dos rios da bacia do Piracicaba e representação da classificação de suas águas, de acordo com os valores médios do IVA destes últimos 10 anos.

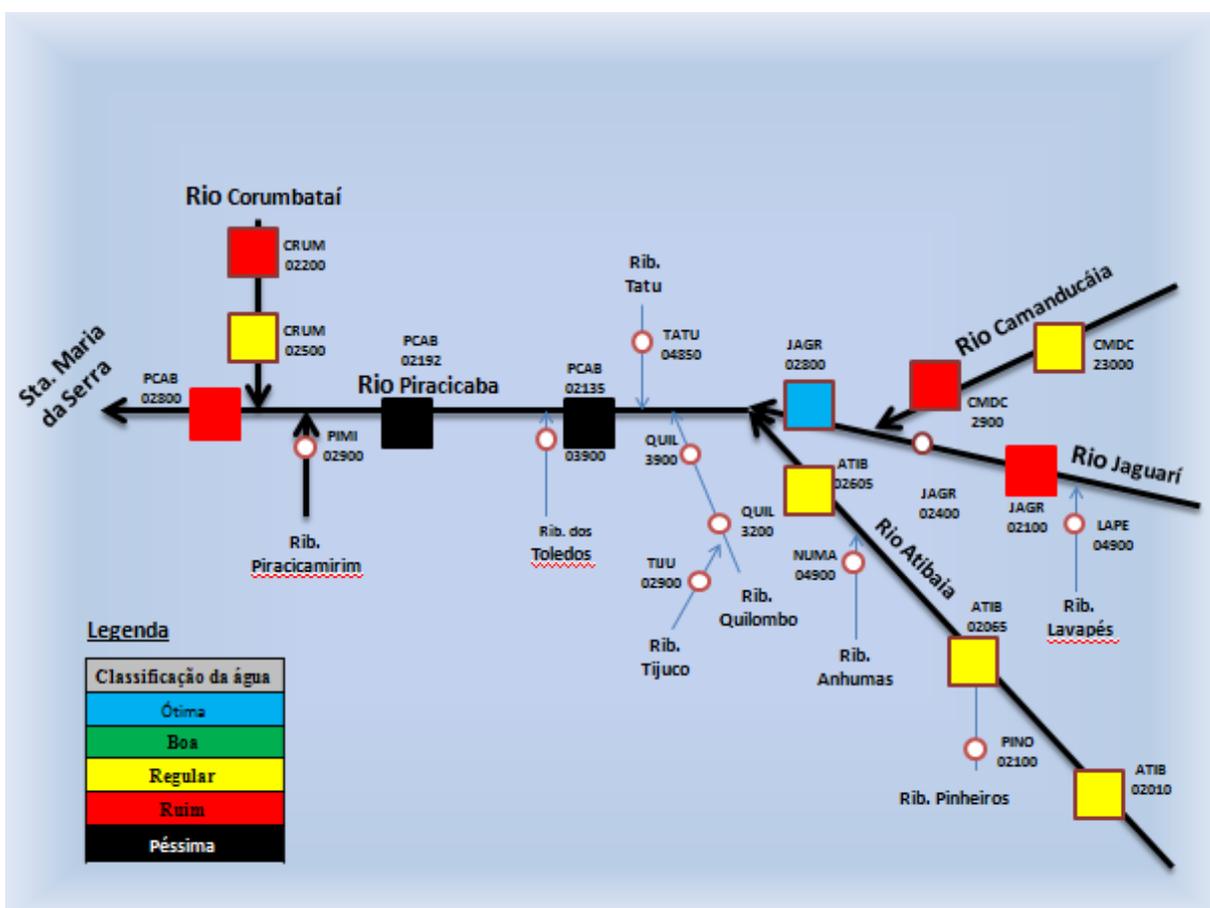


Tabela 15. Valores médios do IET destes últimos 8 anos (2005 a 2012).

Rio	Ponto	Valor médio do IET	Classificação
Piracicaba	PCAB02135	64,2	Super eutrófico
	PCAB02192	64,9	Super eutrófico
	PCAB02800	64	Super eutrófico
Corumbataí	CRUM02200	63,0	Eutrófico
	CRUM02500	53	Mesotrófico
Atibaia	ATIB02010	48	Oligotrófico
	ATIB02065	54	Mesotrófico
	ATIB02605	64	Super eutrófico
Camanducaia	CMDC02300	57,4	Mesotrófico
	CMDC02900	60,1	Eutrófico
Jaguari	JAGR02100	60,2	Eutrófico
	JAGR02400	65,2	Super eutrófico

Fig. 30 Perfil dos rios da bacia do Piracicaba e representação da classificação de suas águas, de acordo com os valores médios do IET destes últimos oito anos.

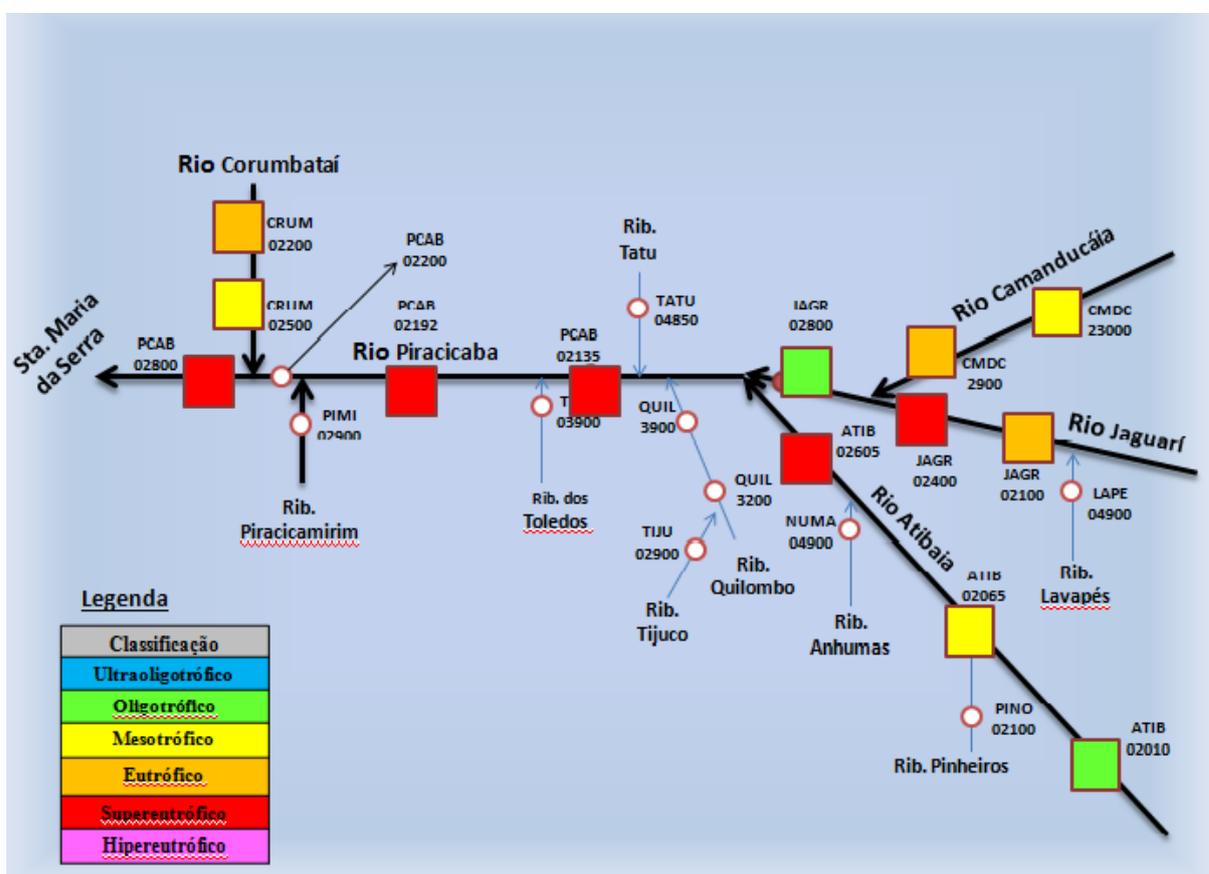
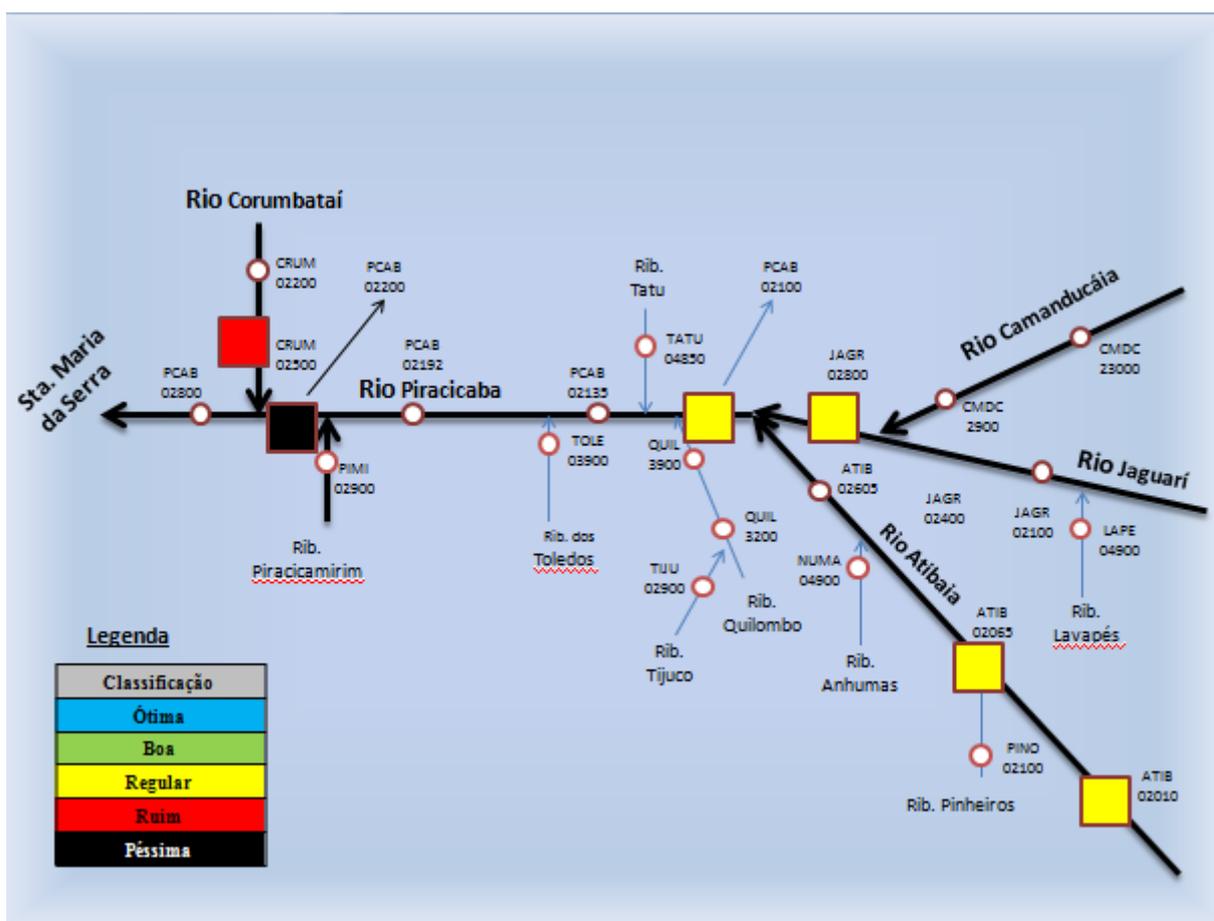


Tabela 16. Valores médios do I AP destes últimos 10 anos

Rio	Ponto	Valor médio do IAP	Classificação
Piracicaba	PCAB02100	42	Regular
	PCAB02220	19	Péssima
Corumbataí	CRUM02500	35	Ruim
Atibaia	ATIB02010	43,9	Regular
	ATIB02065	39,6	Regular
Jaguari	JAGR02800	41	Regular

Fig. 31 Perfil dos rios da bacia do Piracicaba e representação da classificação de suas águas, de acordo com os valores médios do IAP destes últimos 10 anos.



4.7 Estudo de correlação e regressão entre crescimento populacional, consumo de água, tratamento de esgoto e IQA.

As análises de correlação e de regressão são métodos estatísticos amplamente utilizados para estudar o grau de relacionamento entre variáveis. Enquanto a primeira mede a intensidade e a direção da relação linear ou não linear entre duas variáveis, estabelecendo a existência ou não de uma correlação, a análise de regressão, além de medir a associação entre uma variável resposta e um conjunto de variáveis independentes, estima o grau e o significado do relacionamento entre as mesmas.

A análise de correlação linear (r) é uma ferramenta estatística que avalia o quanto a nuvem de pontos no diagrama de dispersão aproxima-se de uma reta. Se o valor de $r = 1$ ou -1 a correlação linear é perfeita enquanto que o valor zero significa inexistência de correlação. Além disso, é importante saber se há uma relação funcional num estudo de correlação entre uma variável e outra. A análise de regressão é aplicada com a finalidade de avaliar a intensidade de relacionamento entre duas variáveis, sendo que o teste de hipótese (F) na regressão linear, é utilizado para verificar a adequabilidade da correlação entre as variáveis em estudo. A estatística F serve para testar o significado da regressão. Quando o valor de F calculado for $<0,05$, para nível de significância de 95% de confiança, pode-se concluir que há uma relação estatisticamente linear entre as variáveis e que o modelo proposto é adequado para descrever uma boa correlação entre elas.

Com esse intuito, foi realizada análise estatística de correlação e regressão linear entre as variáveis densidade populacional da cidade de Piracicaba, consumo de água, tratamento de esgoto e Índice de Qualidade de Águas (IQA) dos três pontos do Rio Piracicaba, com os dados disponíveis de 1989 a 2012. Os dados dessas variáveis estão compilados na tabela 17. O IQA foi escolhido para essa análise porque nele estão englobadas as principais variáveis ambientais, que tiveram um aumento significativo em termos de poluição hídrica nesses últimos 35 anos.

Pela análise da tabela 17, verifica-se que a população da cidade de Piracicaba, nesse período, teve um crescimento de 1,7 vezes, com um aumento no consumo de água de 2,11 vezes e uma expansão de aumento de 133% no tratamento de esgoto doméstico, que no ano 2000 era de 30%, passando em 2012 para 71%, isto é, num período de 10 anos.

Na tabela 18 constam as variáveis correlacionadas, os valores da correlação (r) e o valor da regressão (F).

De todos os tratamentos estatísticos realizados entre todas as variáveis (tabela 18) verifica-se que existe apenas uma forte correlação ($r=0,846$ e $F=1,858E-07$) entre a densidade populacional e consumo de água. Nos demais tratamentos não há nenhuma relação linear com significância entre as mesmas. Portanto, essas variáveis estudadas não seriam uma alternativa que servisse como um indicador que pudesse prever a tendência das variáveis relacionadas ao crescimento demográfico versus poluição hídrica.

Tab. 17 Dados das variáveis: densidade populacional, consumo de água, tratamento de esgoto do município de Piracicaba e índice de qualidade de água (média do IQA) dos três pontos de amostragem do Rio Piracicaba, utilizados nas análises de correlação/regressão linear

Ano	População*	consumo água (L)**	%tratamento de esgoto**	Índice Qualidade das águas dos pontos do Rio Piracicaba		
				IQA 2135	IQA2192	IQA2800
1989	274560	18891562	-	40	43	46
1990	277721	20327440	-	41	42	47
1991	283833	20452065	-	44	46	51
1992	283905	20546357	-	38	34	41
1993	290641	20693934	-	41	63	46
1994	295578	21991642	-	37	35	45
1995	300714	22442827	-	41	33	46
1996	302886	23286916	-	45	41	45
1997	308913	24071482	-	45	39	42
1998	314015	23951070	27	38	39	44
1999	319104	24737846	28	37	39	40
2000	329158	26656829	28	38	54	40
2001	334402	23755866	30	33	38	42
2002	339772	22873724	36	37	33	39
2003	344698	23747562	36	29	29	36
2004	355039	23250202	36	37	37	44
2005	360762	24605608	36	36	37	42
2006	366442	25154712	36	40	35	47
2007	358108	26185307	39	32	35	38
2008	365440	26536297	39	36	37	52
2009	368843	26803241	39	34	31	40
2010	364571	30486554	39	37	37	40
2011	367289	28728132	45	37	39	42
2012	369919	29478623	71	42	42	50

*Dados do IBGE (2012) obtidos no IPPLAP - <http://ipplap.com.br>

**Dados obtidos no SEMAE(2012) <http://www.semaepiracicaba.sp.gov.br>

Tabela 18 Resultados das análises de correlação (r) e regressão linear (F de significância)

Variáveis correlacionadas	CORRELAÇÃO (r)	REGRESSÃO (F)
POPULAÇÃO X CONSUMO DE ÁGUA	0,846	1,858E-07
PONTO PCA 2135		
POPULAÇÃO X IQA	-0,499	0,131
CONSUMO DE ÁGUA X IQA	-0,269	0,2032
% TRATAMENTO DE ESGOTO X IQA DE 1997 A 2012	0,3712	0,1731

PONTO PCA 2192		
POPULAÇÃO X IQA	-0,373	0,1113
CONSUMO DE ÁGUA X IQA	-0,186	0,7466
% TRATAMENTO DE ESGOTO X IQA DE 1997 A 2012	-0,0484	0,7441

PONTO PCA 2800		
POPULAÇÃO X IQA	-0,227	0,8491
CONSUMO DE ÁGUA X IQA	-0,199	0,3889
% TRATAMENTO DE ESGOTO X IQA - DE 1997 A 2012	0,4479	0,3781

5 - CONCLUSÕES

Específicas:

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que:

O Rio Piracicaba em 34 e 35 anos de monitoramento:

- praticamente em todos os pontos as concentrações de N-amoniaco, nitrato, nitrito, cloreto, condutividade, fósforo total, DBO, sólidos totais e dissolvidos e substâncias tensoativas das águas do Rio Piracicaba, estão aumentando significativamente e o teor de oxigênio dissolvido diminuindo, ou seja, há um aumento da poluição hídrica nesses anos de monitoramento;
- os níveis de OD, fósforo total, manganês, DBO e coliformes termotolerantes ultrapassaram, na maioria do tempo, os padrões permissíveis por lei;
- os afluentes: Ribeirão Quilombo, Tijuco, Tatu e Toledos são contribuintes pontuais e representativos de carga orgânica para esse rio;
- os valores do IQA no Rio Piracicaba evidenciam também uma tendência de piora da qualidade das águas;
- as águas nos três pontos em estudo do Rio Piracicaba, de acordo com os diferentes índices de qualidade, podem ser classificados como:

IQA: Ruim

IET: Super eutrófica

IVA: Ruim a Péssima

IAP: Regular e Ruim

O Rio Atibaia em 34 anos de monitoramento:

- no ponto mais a montante (ATIB2010, com dados de 18 anos de monitoramento) houve apenas aumento de N-amoniaco, nitrato, pH e diminuição do valor do OD. Nos pontos ATIB02065 e 02605 houve um aumento significativo nas concentrações de N-amoniaco, nitrato, nitrito, cloreto, fósforo e sólidos totais. Quanto ao OD, houve uma melhora dos níveis nesses dois pontos;

- os níveis de fósforo total estão acima do padrão permissível por lei. No ponto ATIB02065, o valor médio de manganês é duas vezes superior ao limite máximo exigido por lei;
- os ribeirões Pinheiros e Anhumas são contribuintes significativos de aporte de carga orgânica para esse rio;
- os valores do IQA no Rio Atibaia se mantiveram estáveis e/ou melhoraram ao longo do período de monitoramento;
- o IVA do Rio Atibaia apresenta uma melhora na qualidade das águas nos pontos ATIB02010 e ATIB02065;
- as águas do Rio Atibaia nos pontos de estudo, de acordo com os diferentes índices de qualidade, podem ser classificados como:
IQA: Boa e Regular
IET: Oligo; Meso e Super eutrófica
IVA: Regular
IAP: Regular

O Rio Corumbataí:

- apenas o ponto CRUM02500 (ponto a jusante), com dados de 35 anos de monitoramento, teve um aumento significativo das concentrações de N-amoniaco, nitrato, nitrito, cloreto, DBO, pH, fósforo total e diminuição dos níveis de OD e coliformes termotolerantes;
- os níveis de fósforo total, coliformes termotolerantes, manganês e DBO estão acima dos padrões permissíveis por lei;
- os valores do IQA no Rio Corumbataí se mantiveram estáveis em um ponto e em outro com um ligeiro aumento da poluição ao longo do período de monitoramento;
- as águas nos pontos de estudo do Rio Corumbataí, de acordo com os diferentes índices de qualidade, podem ser classificados como:
IQA: Boa e Regular
IET: Meso e Eutrófica
IVA: Regular e Ruim
IAP: Ruim

O Rio Camanducaia em 14 e 18 anos de monitoramento:

- no ponto CMDC02300 nenhum parâmetro aumentou significativamente seus valores nesses 14 anos, exceto o pH, que teve um ligeiro decréscimo;
- apenas o ponto CMDC02900 teve um aumento significativo de N-amoniaco, nitrato, nitrito, cloreto, fósforo total, turbidez e uma pequena diminuição do valor de pH;
- os níveis de coliformes termotolerantes e DBO estão acima do valor máximo permitido por lei, enquanto que no ponto CMDC02300, além desses, estão o manganês e o fósforo;
- os valores de IQA se mantêm ao longo do tempo;
- as águas nos pontos de estudo do Rio Camanducaia, de acordo com os diferentes índices de qualidade, podem ser classificados como:

IQA: Boa a Regular

IET: Mesotrófica e Eutrófica

IWA: Regular a Ruim

Rio Jaguari:

- no ponto mais a montante (JAGR02100, com 12 anos de monitoramento) houve uma melhora significativa nos níveis dos parâmetros N-amoniaco, cloreto, DBO, condutividade, sólidos totais e dissolvidos, OD e substâncias tensoativas. No ponto JAGR02400, com 11 anos de monitoramento, houve uma melhora na qualidade da água quanto ao cloreto e a condutividade. Contrariamente, no ponto JAGR02800 (com 35 anos de monitoramento) verificou-se um aumento de N-amoniaco, nitrato, nitrito, fósforo, cloreto, condutividade, DBO, substâncias tensoativas e diminuição do valor de OD;
- em todos os pontos os valores de fósforo total estão acima do VMP, enquanto que no ponto JAGR2100 o valor de OD não atende ao valor mínimo de 5mg/L;
- no ponto JAGR2100, o ribeirão Lavapés é um contribuinte significativo de poluição;
- o IQA do Rio Jaguari, ponto JAGR02100 evidencia melhoras, sendo que no ponto a sua jusante, seus valores estão estáveis;
- as águas dos pontos do Rio Jaguari, de acordo com os diferentes índices de qualidade, podem ser classificadas como:

IQA: Boa e Regular
IET: Eutrófica a Supereutrófica
IVA: Ótima e Ruim
IAP: Regular

Conclusões gerais

Quando utilizado os dados dos últimos 10 anos de monitoramento, verifica-se uma melhora na qualidade das águas. No entanto, os níveis dos parâmetros analisados no ponto de partida de 2003 são superiores aqueles da década de 70, que neste trabalho é o ponto de referência.

Os índices (IQA, IVA, IET, IAP) mostram que o Rio Piracicaba está com a pior qualidade de águas quando comparado com os demais rios de sua bacia hidrográfica.

De forma geral, no período de seca, há um aumento dos níveis de DBO, N-amoniaco, N-Kjeldhal, nitrato, nitrito, cloreto, substâncias tensoativas, fósforo total, condutividade e diminuição do oxigênio dissolvido, manganês e da turbidez das águas.

As análises de correlação e regressão linear mostraram que de todos os tratamentos estatísticos aplicados entre as diferentes variáveis (população, consumo de água, tratamento de esgoto e IQA) existe uma correlação significativa apenas entre densidade populacional e consumo de água.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A região da bacia do Piracicaba é uma das regiões mais industrializada do Estado de São Paulo, a 6ª no Estado e a 19ª em exportação de seus produtos no país, com um adensamento demográfico significativo e de intensa expansão agrícola e ocupação do solo. Com esse crescimento acelerado é natural também que haja, por consequência, um aumento da geração de resíduos de origem doméstica, industrial e agrícola. De maneira geral os corpos hídricos são os receptores finais dos efluentes líquidos domésticos e industriais de todas as cidades circunvizinhas, assim como das águas de lixiviação dos solos agrícolas e de escoamento das cidades que aportam nutrientes e substâncias tóxicas para o meio aquático. Por outro lado, a implantação de sistemas de tratamento de esgotos pelas municipalidades não acompanham o crescimento demográfico e o desenvolvimento da região, sendo que muitos municípios dessa bacia hidrográfica lançam ainda, nos seus rios e ribeirões, seus esgotos praticamente *in natura*. Esse é um fato preocupante e que poderia justificar o aumento da poluição hídrica da região, conforme descrito neste trabalho.

Os resultados deste estudo revelaram que as concentrações de vários parâmetros de monitoramento da qualidade das águas da bacia do Rio Piracicaba, também representados pelos índices de qualidade de águas, vêm aumentando significativamente nestes últimos 35 anos. Embora as águas desses rios estudados sejam classificadas por lei como água de Classe II, cujo um dos objetivos é a proteção de vida aquática, os níveis de alguns parâmetros monitorados, para a maioria dos rios da bacia do Piracicaba, não atendem aos padrões legais, pois seus valores não sustentam a manutenção da vida aquática. É importante salientar aqui que a bacia do Rio Piracicaba apresenta a maior frequência de mortandade de peixes do Estado de São Paulo, e que mortandades de peixes ocorrem por problemas causados pela poluição, por efeito tóxico agudo, drástico.

Espera-se que este trabalho sirva de suporte técnico para o comitê de Bacia do PCJ, para a municipalidade e para o planejamento das ações de controle dos órgãos ambientais, principalmente, com o intuito de melhorar e ou recuperar as áreas degradadas e também para que a qualidade de suas águas venha atender aos objetivos de uso preponderante previsto na lei.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMAS, E.D.; MONTEIRO, R.T.R.; ANTUNES, P.M.; SANTOS, M.A.P.F.; CAMARGO, P.B.; ABARKELI, R.B. 2007. Diagnóstico espaço-temporal da ocorrência de herbicidas nas águas superficiais e sedimentos do Rio Corumbataí e principais afluentes. **Quim. Nova**, 30(5): 1119-1127
- BRASIL.. 2005. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. CONAMA **Resolução n° 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União, 18/03/2005**.
- CETESB - Companhia de tecnologia de saneamento ambiental. **Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1978**. Série Relatórios, São Paulo, 219p.
- _____. **Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1979**. São Paulo, 245p. Série Relatórios.
- _____. **Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1980**. São Paulo, p.i. Série Relatórios.
- _____. **Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1981**. São Paulo, p.i. Série Relatórios.
- _____. **Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1982**. São Paulo, p.i. Série Relatórios.
- _____. **Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1983**. São Paulo, 99p. Série Relatórios.
- _____. **Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1984**. São Paulo, 134p. Série Relatórios.
- _____. **Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1985**. São Paulo, 124p. Série Relatórios.
- _____. **Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1986**. São Paulo, 134p. Série Relatórios.

- _____. **Qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1987.** São Paulo, 134p. Série Relatórios.
- _____. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1988.** São Paulo, 166p. Série Relatórios.
- _____. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1989.** São Paulo, 164p. Série Relatórios.
- _____. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1990.** São Paulo, 155p. Série Relatórios.
- _____. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1991.** São Paulo, 163p. Série Relatórios.
- _____. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1992.** São Paulo, 251p. Série Relatórios.
- _____. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1993.** São Paulo, 225p. Série Relatórios.
- _____. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1994.** São Paulo, 269p. Série Relatórios.
- _____. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1995.** São Paulo, 285p. Série Relatórios. 1996.
- _____. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1996.** São Paulo, 267p. Série Relatórios. 1998.
- _____. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1997.** São Paulo, 288p. Série Relatórios. 1998.
- _____. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1998.** São Paulo, 371p. Série Relatórios. 1999.
- _____. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 1999.** São Paulo, 391p. Série Relatórios. 2000

- _____. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 2000.** São Paulo, 214p. Série Relatórios. 2001
- _____. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 2001.** São Paulo, 149p. Série Relatórios. 2002
- _____. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 2002.** São Paulo, 263p. Série Relatórios. 2003
- _____. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 2003.** São Paulo, 268p. Série Relatórios. 2004.
- _____. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 2004.** São Paulo, 297p. Série Relatórios. 2005.
- _____. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 2005.** São Paulo, 488p. Série Relatórios. 2006.
- _____. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 2006.** São Paulo, 327p. Série Relatórios. 2007.
- _____. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 2007.** São Paulo, 536p. Série Relatórios. 2008.
- _____. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 2008.** São Paulo, 528p. Série Relatórios. 2009.
- _____. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 2009.** São Paulo, 310p. Série Relatórios. 2010.
- _____. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 2010.** São Paulo, 298p. Série Relatórios. 2011.
- _____. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 2011.** São Paulo, 356p. Série Relatórios. 2012.
- _____. **Relatório de qualidade das águas superficiais no Estado de São Paulo: 2012.** São Paulo, 370 p. Série Relatórios. 2013.

- FARIA, C. M.; NEUVALD, I. C. & ALVES, P.M.A. 1994. **Avaliação da evolução de alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos no arroio Dilúvio**. Publicações Técnicas do DMAE, Porto Alegre, nº 54. Agosto. 33p.
- FISCHER, E.G. 2003. **Proposição e aplicação de metodologia de gerenciamento integrado dos rios Corumbataí e Passa Cinco da bacia do Piracicaba por meio de banco de dados georreferenciado e modelagem matemática**. Tese apresentada na Universidade de São Paulo, Piracicaba, para obtenção de título de Doutor. 211p.
- GROPPO, J.D.; MORAES, J.M.; MARTINELLI, L.A.; GENOVEZ, A.M. 2006. Estudo da tendência de parâmetros de qualidade de água na bacia do Rio Piracicaba. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 11(3): 79-87.
- HIRSCH, R. M.; ALEXANDER, R. B. & SMITH, R. A. 1991. Selection of methods for the detection and estimation of trends in water quality. **Water resources research**, 27(5): 803-813.
- HIRSCH, R. M.; SLACK, J. R. & SMITH, A. 1982. Techniques of trend analysis for monthly quality data. . **Water resources research**, 18(1): 107-121.
- HOUSE, M.A. & NEWSOME, D.H. 1989. Water quality indices for the management of surface water. **Wat. Sci. Tech.**, 21: 1137-1148.
- IAN McLEOD, A.; HIPEL, K.W. & BODO, B.A. 1991. Trend Analysis methodology for water quality times series. *Environmetrics*, 2(2):169-200.
- LAMPARELLI, M. C. 2004. **Grau de trofia em corpos d'Água do Estado de São Paulo: Avaliação dos Métodos de Monitoramento**. Tese apresentada no Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, para obtenção de título de doutor. 238 p.
- LANDWEHR, J.M. & DEININGER, R.A. 1976. A comparison of several water quality indexes. **Journal WPCF**. 48(5):954-958.
- MELETTI, P.C. 1997. **Avaliação da qualidade da água e do sedimento na bacia do Piracicaba, SP, através de parâmetros ecotoxicológicos**. Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo para a obtenção de título de Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental. 149p.

- PALMA-SIVA, G.M.; TORNISIELO, S.M.; PIÃO, A.C. 2007. Capacidade de autodepuração de um trecho do Rio Corumbataí, SP, Brasil. **Holos Environment**, 7 (2): 139-153.
- SÃO PAULO (Estado). Lei n.º 9.034, de 27 de dezembro de 1994. Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH, a ser implantado no período 1994 e 1995, em conformidade com a Lei nº 7663, de 30 de dezembro de 1991, que instituiu normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos. 19 p.
- SILVA, M.J.; GARCIA, K.S.; CELINO, J.J.; PINHEIRO, L.B.; PALMEIRA, J.B.A. 2011. Indicadores primários da qualidade da água do Dique de Tororó, Salvador, Bahia. **Cadernos de Geociências**, 8(2): 92-98.
- TYSON, J. M. & HOUSE, M. A. 1989. The application of water quality index to river management. **Wat. Sci. Tech.**, 21: 1149 - 1159.
- US.EPA (Environmental Protection Agency of United State). 1986a. **Quality Criteria for Water**. 440/5-86-001. 477 p.
- US.EPA (Environmental Protection Agency of United State). 1986b. **Quality Criteria for Dissolved Oxygen**. 440/5-86-003. 124 p.
- ZETTERQVIST, L. 1991 Statistical estimation and interpretation of the trends in water quality time series. **Water Resources Research**, 27 (7): 1637-1648.

8 - ANEXOS

ANEXO A**ANÁLISES ESTATÍSTICAS DAS VARIÁVEIS MONITORADAS****Rio Piracicaba - PCAB02135 - Resumo das análises estatísticas entre os anos de 1979 a 1988 e 2003 a 2012**

Variável	Teste F	Teste T	Diferença Significativa
Alumínio Total *	0,290814132	0,240689102	NÃO
Cloreto Total	1,45654E-08	9,89018E-09	SIM
Coliformes Termotolerantes	0,038738015	0,069343555	NÃO
Condutividade**	2,2433E-06	2,05909E-05	SIM
DBO (5, <0)	0,018038914	1,92183E-08	SIM
Ferro Total	0,12469767	0,28435882	NÃO
Fósforo Total	3,20007E-07	6,01849E-10	SIM
Manganês Total	0,753013782	0,201140192	NÃO
Nitrato	1,32635E-59	7,41993E-12	SIM
Nitrito	3,51719E-16	1,20941E-07	SIM
Nitrog. Amoniacal	6,2915E-13	2,2906E-09	SIM
Nitrogênio Kjeldahl	0,000125419	0,208008015	NÃO
Oxigênio Dissolvido	0,514735142	9,38121E-08	SIM
pH	2,27081E-08	0,301183587	NÃO
Sólidos Dissolvidos	1,28479E-06	0,002751923	SIM
Sólidos Totais	1,66667E-06	0,001167411	SIM
Subst. Tensoat.	7,18141E-09	2,77114E-06	SIM
Turbidez	0,235341609	0,783547894	NÃO
Zinco Total	0,448502181	0,366167087	NÃO

* Análise estatística entre os anos de 1998 a 2004 e 2006 a 2012

** Análise estatística entre os anos de 1986 a 1995 e 2003 a 2012

Rio Piracicaba - PCAB02192 - Resumo das análises estatísticas entre os anos de 1978 a 1987 e 2003 a 2012

Variável	Teste F	Teste T	Diferença Significativa
Alumínio Total *	0,843547895	0,402442789	NÃO
Cloreto Total	9,47704E-07	3,21976E-10	SIM
Coliformes Termotolerantes	5,98386E-39	0,011673164	SIM
Condutividade	0,020903732	0,000296946	SIM
DBO (5, 20)	0,789135887	5,52471E-07	SIM
Ferro Total	0,977563896	0,424501067	NÃO
Fósforo Total	0,00016192	1,67078E-07	SIM
Manganês Total	0,281793896	0,488878337	NÃO
Nitrato	2,85565E-52	8,97804E-06	SIM
Nitrito	1,46102E-91	0,000169067	SIM
Nitrog. Amoniacal	6,13375E-38	1,58687E-07	SIM
Nitrogênio Kjeldahl **	3,51118E-13	0,003362598	SIM
Oxigênio Dissolvido	0,006069512	2,91712E-09	SIM
pH	2,83257E-12	8,22736E-07	SIM
Sólidos Dissolvidos	0,000226725	0,004896035	SIM
Sólidos Totais	8,58174E-07	0,130126269	NÃO
Subst. Tensoat.	1,73042E-11	0,000287387	SIM
Turbidez	0,026385295	0,650690589	NÃO
Zinco Total	0,053008576	0,687642759	NÃO

* análise estatística entre os anos de 1998 a 2004 e 2006 a 2012

** análise estatística entre os anos de 1979 a 1988 e 2003 a 2012

*** análise estatística entre os anos de 1987 a 1996 e 2003 a 2012

Rio Piracicaba - PCAB02800 - Resumo das análises estatísticas entre os anos de 1978 a 1987 e 2003 a 2012

Variável	Teste F	Teste T	Diferença Significativa
Alumínio Total *	0,167200433	0,947483063	NÃO
Cloreto Total	0,254956585	6,86416E-09	SIM
Coliformes Termotolerantes	6,51815E-26	0,001904433	SIM
Condutividade **	4,4851E-05	2,45977E-06	SIM
DBO (5, 20)	0,00142766	4,80147E-11	SIM
Ferro Total ***	0,1054686	0,183929837	NÃO
Fósforo Total	8,19137E-24	1,52362E-05	SIM
Ortofosfato ****	1,37443E-11	4,5635E-07	SIM
Manganês Total	4,93968E-12	0,294557718	NÃO
Nitrato	2,79781E-65	1,97114E-05	SIM
Nitrito	3,97256E-38	6,71149E-07	SIM
Nitrog. Amoniacal	3,18987E-10	1,71369E-07	SIM
Nitrogênio Kjeldahl***	0,122028798	0,500528788	NÃO
Oxigênio Dissolvido	0,640439905	6,57339E-06	SIM
pH	7,65333E-12	2,66642E-05	SIM
Sólidos Dissolvidos ***	0,011287911	0,046744644	SIM
Sólidos Totais	2,25886E-06	0,002148521	SIM
Subst. Tensoat.	0,714986272	0,949490568	NÃO
Turbidez	1,99604E-13	0,142221144	NÃO
Zinco Total	3,86082E-08	0,898966715	NÃO

* Análise estatística entre os anos de 1998 a 2004 e 2006 a 2011

** Análise estatística entre os anos de 1986 A 1995 e 2003 A 2012

*** Análise estatística entre os anos de 1979 a 1988 e 2003 a 2012

**** Análise estatística entre os anos de 1985 a 1994 e 2001 a 2010

Rio Rio Atibaia - ATIB02010 - Resumo das análises estatísticas entre os nos de 1995 a 2003 e 2004 a 2012

Variável	Teste F	Teste T	Diferença Significativa
Aluminio total *	0,749541111	0,766251133	NÃO
Cloreto Total	7,07908E-15	0,211018527	NÃO
Coliformes Termotolerantes	6,53588E-07	0,000453876	SIM
Condutividade	1,80407E-10	0,595560967	NÃO
DBO (5, 20)	5,61992E-10	0,892212108	NÃO
Ferro Total	2,51063E-06	0,768830189	NÃO
Fósforo Total	0,084528293	0,423110522	NÃO
Manganês Total	4,14876E-05	0,006581839	SIM
Nitrato	0,1869154	0,014437779	SIM
Nitrito	1,1442E-19	0,622365759	NÃO
Nitrog. Amoniacal	0,712323621	0,045076101	SIM
Nitrogênio Kjeldahl	0,171989042	0,718731237	NÃO
Oxigênio Dissolvido	0,725992755	9,15804E-05	SIM
pH	0,409680331	9,52693E-10	SIM
Pot. Form. THM **	0,554925376	0,525290992	NÃO
Sólidos Dissolvidos	0,316828222	0,463014972	NÃO
Sólidos Totais	0,400009567	0,677889552	NÃO
Subst. Tensoat.	0,633110802	0,150489379	NÃO
Turbidez	0,822081058	0,436594994	NÃO
Zinco Total	0,31415708	0,275173532	NÃO

* Análises estatísticas entre os anos de 1998 a 2004 e 2006 a 2012

** Análises estatísticas entre os anos de 1999 a 2005 e 2006 a 2012

Rio Atibaia - ATIB 2065- Resumo das análises estatísticas entre os nos de 1979 a 1988 e 2003 a 2012

Variável	Teste F	Teste T	Diferença Significativa
Alumínio total*	0,000138893	0,801211636	NÃO
Condutividade**	6,74976E-12	0,489857459	NÃO
Cloreto Total	0,009495891	1,74287E-11	SIM
Coliformes Termotolerantes	6,21291E-80	0,010093528	SIM
DBO	1,68112E-07	0,092999977	NÃO
Fosforo Total	3,24928E-08	5,00606E-08	SIM
Manganês Total	4,33394E-24	0,021384449	SIM
Nitrato	1,40006E-25	8,84151E-08	SIM
Nitrito	2,17247E-55	0,000118261	SIM
Nitrito Nitrog. Amoniacal	0,016594785	2,22125E-10	SIM
Nitrogênio Kjeldahl	5,66435E-10	0,003025603	SIM
Oxigenio Dissolvido	0,000375758	0,894422406	NÃO
Ph	0,007534071	0,138450762	NÃO
Solidos Dissolvidos	2,07854E-06	0,521132265	NÃO
Solidos Totais	0,001495641	0,016462943	SIM
Subst. Tensoat.	0,030003934	0,706184055	NÃO
Turbidez	1,02892E-10	0,222356908	NÃO

*análises estatísticas entre os anos de 1998 a 2004 e 2006 a 2012

**análises estatísticas entre os anos de 1986 a 1995 e 2003 a 2012

Rio Atibaia - ATIB 2605- Resumo das análises estatísticas entre os nos de 1978 a 1987 e 2003 a 2012

Variável	Teste F	Teste T	Diferença Significativa
Alumínio Total *	0,156019251	0,899572098	NÃO
Cloreto Total	8,61934E-15	2,13732E-07	SIM
Coliformes Termotolerantes	5,08345E-58	0,003314057	SIM
Condutividade **	5,01638E-05	2,22115E-08	SIM
DBO	0,807041827	0,488626164	NÃO
Fosforo Total	6,65153E-05	5,78587E-06	SIM
Manganês Total	1,76863E-21	0,053313307	NÃO
Nitrato	5,36285E-26	6,74444E-14	SIM
Nitrito	1,09811E-16	0,000191941	SIM
Nitrog. Amoniacal	0,860542238	0,091911975	NÃO
Nitrogênio Kjeldahl ***	0,016161419	0,000317196	SIM
Oxigenio Dissolvido	0,001630735	3,7771E-06	SIM
pH	0,028856978	0,01814262	SIM
Solidos Dissolvidos ***	0,321460994	4,32192E-07	SIM
Solidos Totais	6,23314E-09	1,32681E-08	SIM
Subst. Tensoativas.	0,005880812	0,013118654	SIM
Turbidez	1,7517E-37	0,082223105	NÃO

* Análises estatísticas entre os anos de 1998 a 2004 e 2006 a 2012

** Análises estatísticas entre os anos de 1986 a 1995 e 2003 a 2012

*** Análises estatísticas entre os anos de 1979 a 1988 e 2003 a 2012

Rio Corumbataí - CRUM02200 - Resumo das análises estatísticas entre os anos de 2001 a 2006 e 2007 a 2012

Variável	Teste F	Teste T	Diferença Significativa
Alumínio Total	0,007688255	0,589678686	NÃO
Cloreto Total	0,225041133	0,33054605	NÃO
Coliformes Termotolerantes	0,003267551	0,431685718	NÃO
Condutividade	2,62086E-05	0,05119219	NÃO
DBO (5, 20)	0,017127963	0,578942912	NÃO
Ferro Total	0,019040588	0,49387651	NÃO
Fósforo Total	1,60969E-06	0,443109422	NÃO
Manganês Total	0,012142612	0,135193302	NÃO
Nitrato	0,010142596	0,461016689	NÃO
Nitrito	0,184102893	0,189531465	NÃO
Nitrog. Amoniacal	0,002926946	0,482654967	NÃO
Nitrogênio Kjeldahl	3,13681E-06	0,176153738	NÃO
Oxigênio Dissolvido	0,332025202	0,603558964	NÃO
pH	0,039263504	0,239401657	NÃO
Sólidos Dissolvidos	0,239727858	0,066143676	NÃO
Sólidos Totais	8,43799E-07	0,822332901	NÃO
Subst. Tensoat.	0,450622412	0,407988204	NÃO
Turbidez	0,561388766	0,301176517	NÃO
Zinco Total	0,325390742	0,338895553	NÃO

Rio Corumbataí - CRUM02500 - Resumo das análises estatísticas entre os nos de 1978 a 1987 e 2003 a 2012

Variável	Teste F	Teste T	Diferença Significativa
Alumínio Total *	0,005046692	0,62060478	NÃO
Cloreto Total	0,012063452	4,85797E-06	SIM
Coliformes Termotolerantes	6,2518E-61	0,008190359	SIM
Condutividade	6,51946E-07	0,78052194	NÃO
DBO (5, 20)	0,679474888	6,87819E-07	SIM
Ferro Total	0,01258454	0,319748357	NÃO
Fósforo Total	0,004891739	0,000807699	SIM
Manganês Total	0,002218944	0,115090678	NÃO
Nitrato	5,21109E-32	2,68122E-13	SIM
Nitrito	4,31881E-21	2,68924E-07	SIM
Nitrog. Amoniacal	6,32048E-30	2,06092E-05	SIM
Nitrogênio Kjeldahl	0,091161346	0,304827256	NÃO
Oxigênio Dissolvido	0,316827224	5,52956E-12	SIM
pH	1,93036E-12	4,68858E-05	SIM
Sólidos Dissolvidos **	1,17793E-18	0,966163288	NÃO
Sólidos Totais	0,100886522	0,241008602	NÃO
Subst. Tensoat.	2,42274E-08	0,092359857	NÃO
Turbidez	0,000214819	0,068858803	NÃO
Zinco Total	3,53443E-14	0,897882519	NÃO
THM ***	0,442492359	0,577757547	NÃO

* análise estatística entre os anos de 1998 a 2004 e 2006 a 2012

** análise estatística entre os anos de 1979 a 1988 e 2003 A 2012

*** análise estatística entre os anos de 2001 a 2006 e 2007 a 2012

Rio Camanducáia - CMDC02300 - Resumo das análises estatísticas entre os anos de 2000 a 2005 e 2007 a 2012

Variável	Teste F	Teste T	Diferença Significativa
Coliforme Termotolerante	0,063073309	0,402596555	NÃO
Condutividade*	0,858360744	0,327621594	NÃO
DBO	0,946935462	0,535286642	NÃO
Oxigênio Dissolvido	0,337553529	0,157328271	NÃO
pH	0,482391379	0,000128463	SIM
Turbidez*	0,894440289	0,279659848	NÃO

* Análise estatística entre os anos de 2002 a 2006 e 2008 a 2012

Rio Camanducáia - CMDC02900 - Resumo das análises estatísticas entre os nos de 1995 a 2003 e 2004 a 2012

Variável	Teste F	Teste T	Diferença Significativa
Alumínio Total *	0,040073201	0,38515662	NÃO
Cloreto Total	0,98217329	0,003151876	SIM
Coliformes Termotolerantes	0,237374293	0,9568703	NÃO
Condutividade	0,827543749	0,949147464	NÃO
DBO (5, 20)	0,739694486	0,309203325	NÃO
Ferro Total	0,000254436	0,073950762	NÃO
Fósforo Total	2,94551E-06	0,001490558	SIM
Manganês Total	0,055327844	0,058376579	NÃO
Nitrato	5,87407E-06	0,006794903	SIM
Nitrito	4,97688E-09	0,024819374	SIM
Nitrog. Amoniacal	1,10494E-19	0,004816071	SIM
Nitrogênio Kjeldahl	0,00453024	0,953521396	NÃO
Oxigênio Dissolvido	0,01508645	0,605225348	NÃO
pH	0,385565487	2,07111E-08	SIM
Sólidos Dissolvidos	0,002029979	0,082037377	NÃO
Sólidos Totais	0,001960442	0,069231414	NÃO
Subst. Tensoat.	4,3925E-06	0,832531362	NÃO
Turbidez	2,42069E-16	0,007789044	SIM
Zinco Total	0,000999471	0,052087463	NÃO

* Análise estatística entre os anos de 1998 a 2004 e 2006 a 2012

Rio Jaguari - JAGR02100 - Resumo das análises estatísticas entre os nos de 2001 a 2006 e 2007 a 2012

Variável	Teste F	Teste T	Diferença Significativa
Alumínio Total	0,002992557	0,638297944	NÃO
Cloreto Total	5,43989E-05	0,006710131	SIM
Coliformes Termotolerantes	2,23661E-22	0,001025545	SIM
Condutividade	0,00114288	0,000686406	SIM
DBO (5, 20)	0,296203813	0,112187669	NÃO
Ferro Total	0,017232094	0,52576057	NÃO
Fósforo Total	0,000298259	0,07803882	NÃO
Manganês Total	0,014091835	0,137353337	NÃO
Nitrato	1,52859E-12	0,540137885	NÃO
Nitrito	0,264846856	0,150384171	NÃO
Nitrog. Amoniacal	0,220441194	0,044132234	SIM
Nitrogênio Kjeldahl	0,550921524	0,192133054	NÃO
Oxigênio Dissolvido	0,984057906	0,008318579	SIM
pH	0,864308757	3,839E-05	SIM
Sólidos Dissolvidos	0,183340241	4,21938E-11	SIM
Sólidos Totais	0,00100474	0,001932445	SIM
Subst. Tensoat.	0,320476537	0,011569284	SIM
Turbidez	0,03299908	0,277270835	NÃO

Rio Jaguari - JAGR02400 - Resumo das análises estatísticas entre os anos de 2000 a 2005 e 2007 a 2012

Variável	Teste F	Teste T	Diferença Significativa
Cloreto Total *	0,000292068	0,000622328	SIM
Coliformes Termotolerantes	0,000477797	0,082207871	NÃO
Condutividade *	0,001096782	0,001069501	SIM
DBO (5, 20)	0,018273694	0,698036215	NÃO
Oxigênio Dissolvido	0,009055347	0,518338162	NÃO
pH	0,316341076	0,000528182	SIM
Turbidéz *	0,113365342	0,067424454	NÃO

* Análise estatística entre os anos de 2002 a 2006 e 2008 a 2012

Rio Jaguari -JAGR02800 - Resumo das análises estatísticas entre os anos de 1978 a 1987 e 2003 a 2012

Variável	Teste F	Teste T	Diferença Significativa
Alumínio Total *	0,157264541	0,635473619	NÃO
Cloreto Total	0,017368822	2,08575E-10	SIM
Coliformes Termotolerantes	0,075176129	0,08293362	NÃO
Condutividade **	0,002915727	3,17808E-10	SIM
DBO (5, 20)	0,002203751	4,29682E-06	SIM
Ferro Total ***	0,558480375	0,276836733	NÃO
Fósforo Total	5,23101E-24	0,002153305	SIM
Manganês Total	0,00062531	0,672853273	NÃO
Nitrato	1,17629E-36	1,04688E-16	SIM
Nitrito	6,35987E-13	5,1986E-09	SIM
Nitrog. Amoniacal	2,10197E-18	4,87026E-07	SIM
Nitrogênio Kjeldahl ***	0,690621131	0,697552251	NÃO
Oxigênio Dissolvido	0,005406784	1,71715E-08	SIM
pH	6,80155E-07	0,000512771	SIM
Sólidos Dissolvidos ***	2,45926E-05	0,520121737	NÃO
Sólidos Totais	0,031971406	0,889312364	NÃO
Subst. Tensoat.	0,000551247	0,000942609	SIM
Turbidez	0,263772028	0,395188603	NÃO
Zinco Total	1,30014E-10	0,517778273	NÃO

* Análise estatística entre os anos de 1998 a 2004 e 2006 a 2012

** Análise estatística entre os anos de 1986 a 1995 e 2003 a 2012

*** Análise estatística entre os anos de 1979 a 1988 e 2003 a 2012

ANEXO B

ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS ÍNDICES DE QUALIDADE DE ÁGUAS

Resumo das análises estatísticas do IQA dos pontos de amostragem da bacia do rio Piracicaba

Ponto do rio /ano de comparação estatística	Teste F	Teste T	Diferença Significativa
Rio Camanducáia CMDC 02900 - 1995 a 2003 e 2004 a 2012	0,430529	0,354157	NÃO
Rio Jaguarí JAGR 02100 – 2001 a 2006 e 2007 a 2012	0,208255	4,257E-06	SIM
Rio Jaguarí JAGR 02800 – 1978 a 1987 e 2003 a 2012	0,574307	0,919742125	NÃO
Rio Atibaia ATIB 2010 – 1995 a 2003 e 2004 a 2012	0,455288	0,868331406	NÃO
Rio Atibaia ATIB 2065 – 1979 a 1988 e 2003 a 2012	0,004853	0,235064629	NÃO
Rio Atibaia ATIB 2605 – 1979 a 1988 e 2003 a 2012	0,048561	0,016194159	SIM
Rio Piracicaba PCAB2135 - 1979 a 1988 e 2003 a 2012	0,709089	1,43312E-08	SIM
Rio Piracicaba PCAB 2192 – 1978 a 1987 e 2003 a 2012	0,016114	6,81553E-10	SIM
Rio Piracicaba PCAB 02800 - 1979 a 1988 e 2003 a 2012	0,644558	3,1889E-07	SIM
Rio Corumbataí CRUM 02500 - 1978 a 1987 e 2003 a 2012	0,048027	0,546934506	NÃO
Rio Corumbataí CRUM02200 – 2001 a 2006 e 2007 a 2012	0,208255	4,25769E-06	SIM

Resumo das análises estatísticas do IVA dos pontos de amostragem da bacia do rio Piracicaba

Ponto do rio /ano de comparação estatística	Teste F	Teste T	Diferença Significativa
Rio Camanducáia CMDC 02900 – 2002 a 2006 e 2008 a 2012	0,463943	0,666516	NÃO
Rio Jaguarí JAGR 02100 – 2002 a 2006 e 2008 a 2012	0,001283	0,009808	SIM
Rio Jaguarí JAGR 02800 - 2002 a 2006 e 2008 a 2012	0,885081	0,002046	SIM
Rio Atibaia ATIB 2010 – 2002 a 2006 e 2008 a 2012	0,461096	0,000461	SIM
Rio Atibaia ATIB 2065 – 2002 a 2006 e 2008 a 2012	0,910763	3,36E-05	SIM
Rio Atibaia ATIB 2605 – 2002 a 2006 e 2008 a 2012	0,596046	0,031419	SIM
Rio Piracicaba PCAB2135 - 2002 a 2006 e 2008 a 2012	0,005205	0,626738	NÃO
Rio Piracicaba PCAB 2192 - 2002 a 2006 e 2008 a 2012	0,934064	0,010574	SIM
Rio Piracicaba PCAB 02800 - 2002 a 2006 e 2008 a 2012	0,815791	0,002943	SIM
Rio Corumbataí CRUM 02500 - 2002 a 2006 e 2008 a 2012	0,573288	0,007802	SIM
Rio Corumbataí CRUM 02200 - 2002 a 2006 e 2008 a 2012	0,115043	0,803658	NÃO

Resumo das análises estatísticas do IET dos pontos de amostragem da bacia do rio Piracicaba

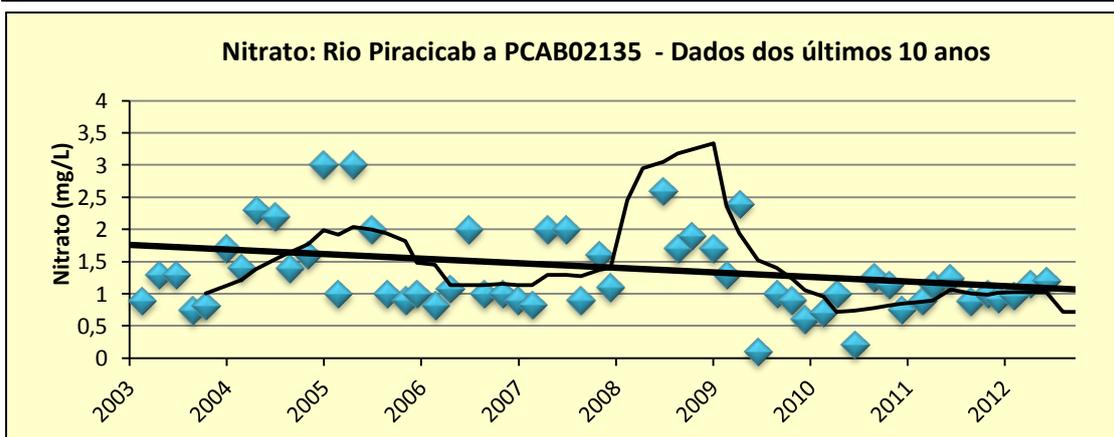
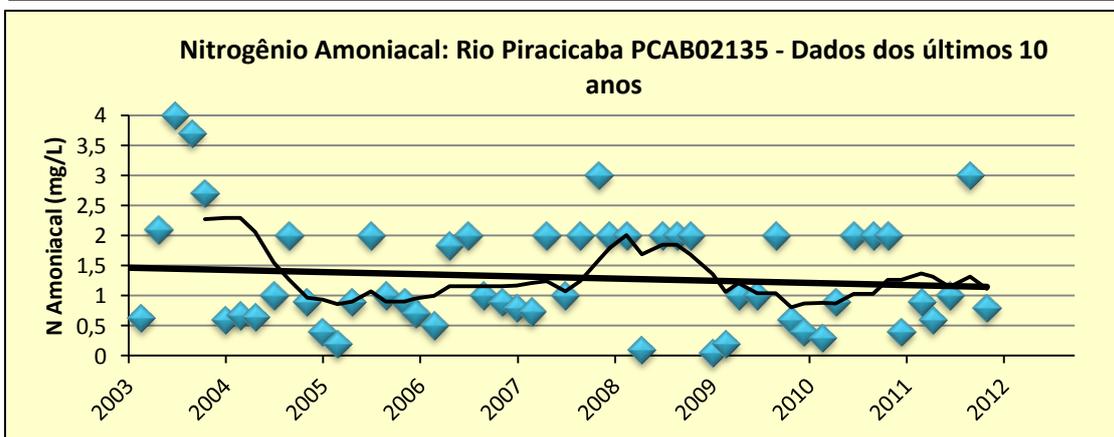
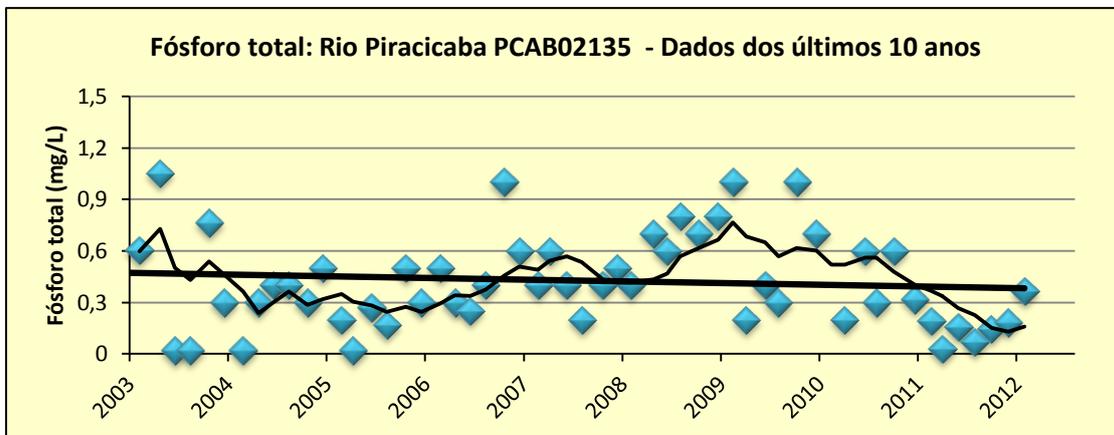
Ponto do rio /ano de comparação estatística	Teste F	Teste T	Diferença Significativa
Rio Camanducáia CMDC 02900 – 2005 a 2008 e 2009 2012	0,101059	0,320083	NÃO
Rio Jaguarí JAGR 02100 – 2005 a 2008 e 2009 2012	0,021786	0,043197	SIM
Rio Jaguarí JAGR 02800 – 2005 a 2008 e 2009 2012	0,315362	0,084103	NÃO
Rio Atibaia ATIB 2010 – 2005 a 2008 e 2009 2012	0,002348	0,493148	NÃO
Rio Atibaia ATIB 2065– 2005 a 2008 e 2009 2012	0,890759	0,011706	SIM
Rio Atibaia ATIB 2605 – 2005 a 2008 e 2009 2012	3,26E-05	0,014072	SIM
Rio Piracicaba PCAB2135 – 2005 a 2008 e 2009 2012	0,202086	0,833527	NÃO
Rio Piracicaba PCAB 2192 – 2005 a 2008 e 2009 2012	8,17E-06	0,868146	NÃO
Rio Piracicaba PCAB 02800 – 2005 a 2008 e 2009 2012	3,07E-07	0,487683	NÃO
Rio Corumbataí CRUM 02200 – 2005 a 2008 e 2009 2012	0,002326	0,133577	NÃO
Rio Corumbataí CRUM 02500 – 2005 a 2008 e 2009 2012	0,912257	0,046816	SIM

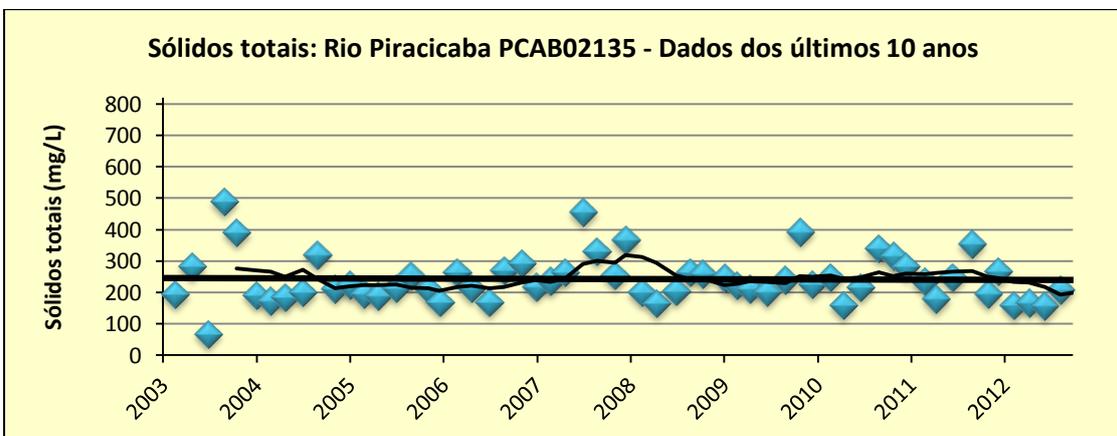
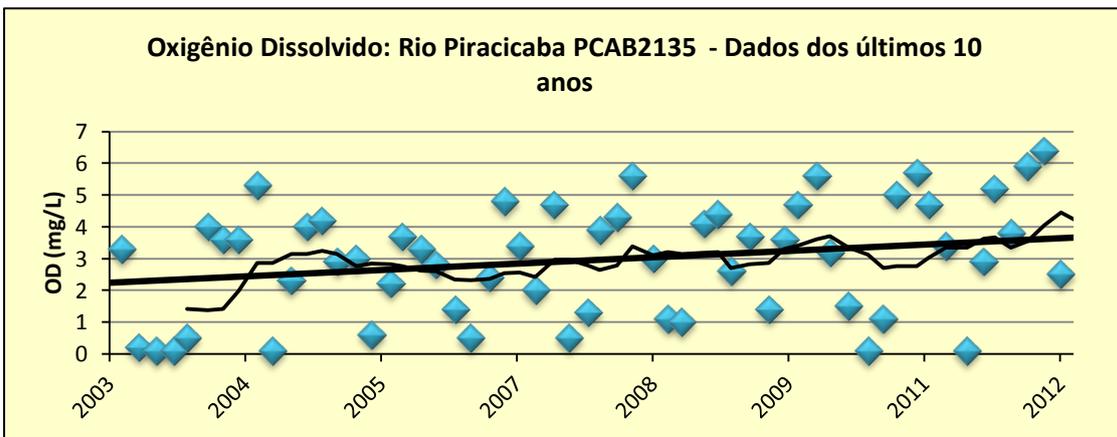
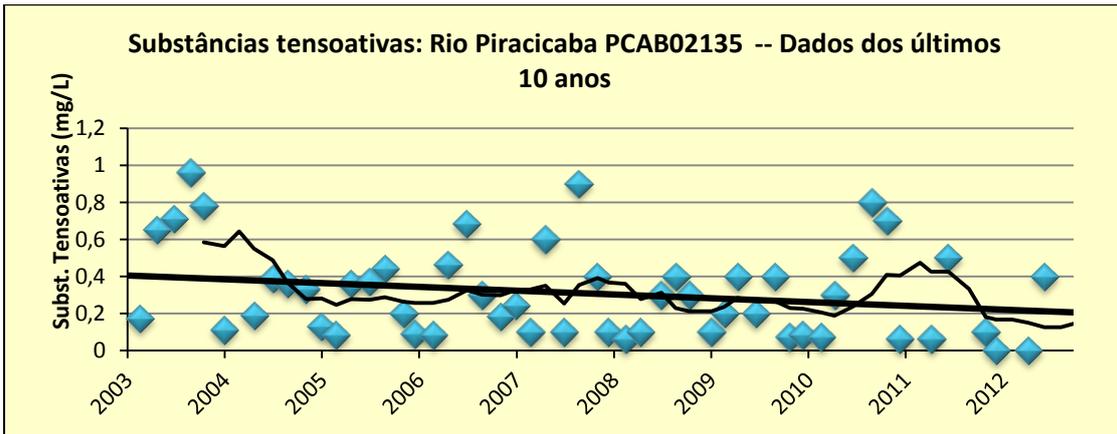
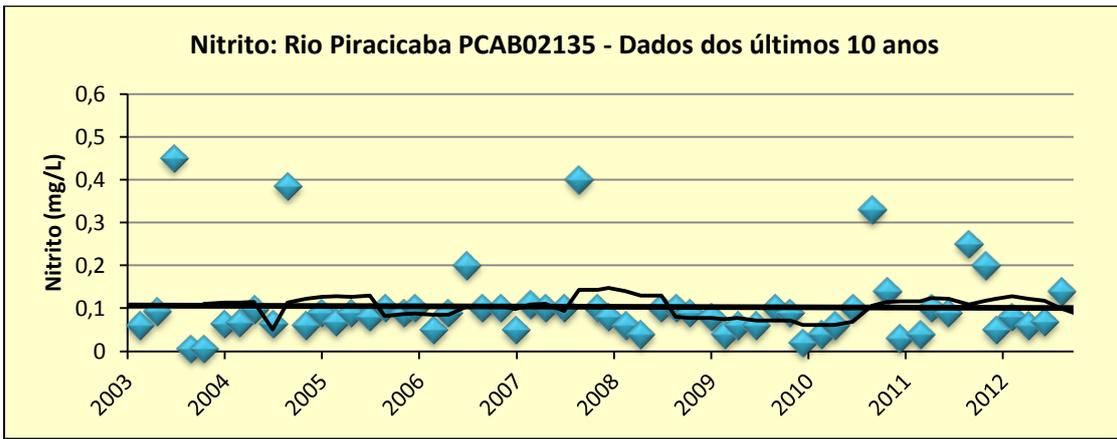
Resumo das análises estatísticas do IAP dos pontos de amostragem da bacia do Piracicaba

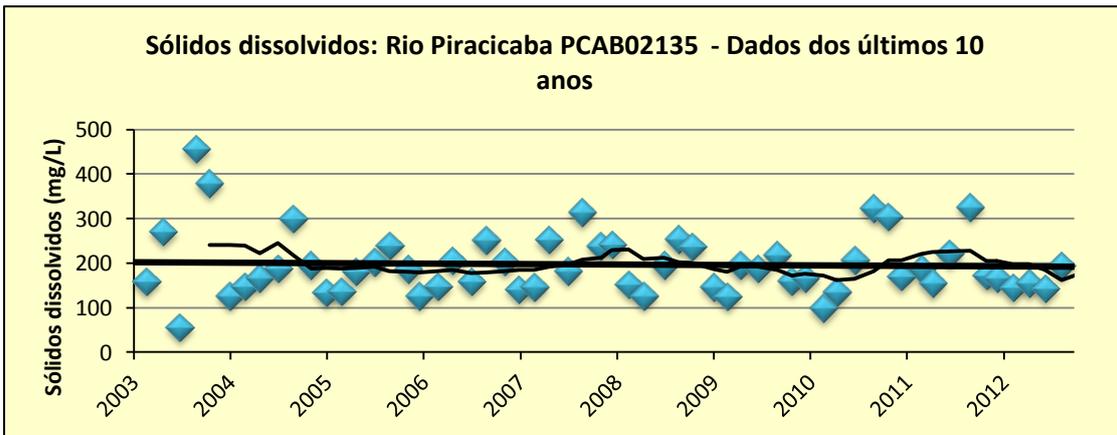
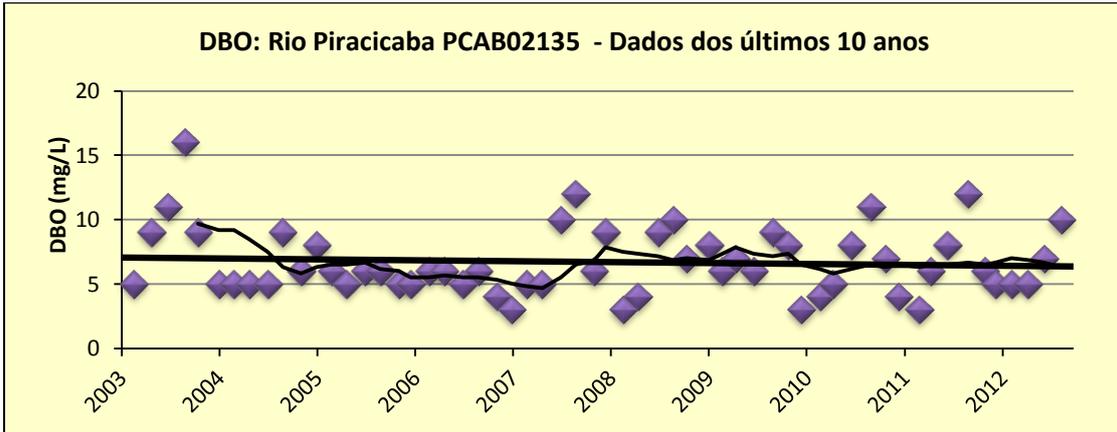
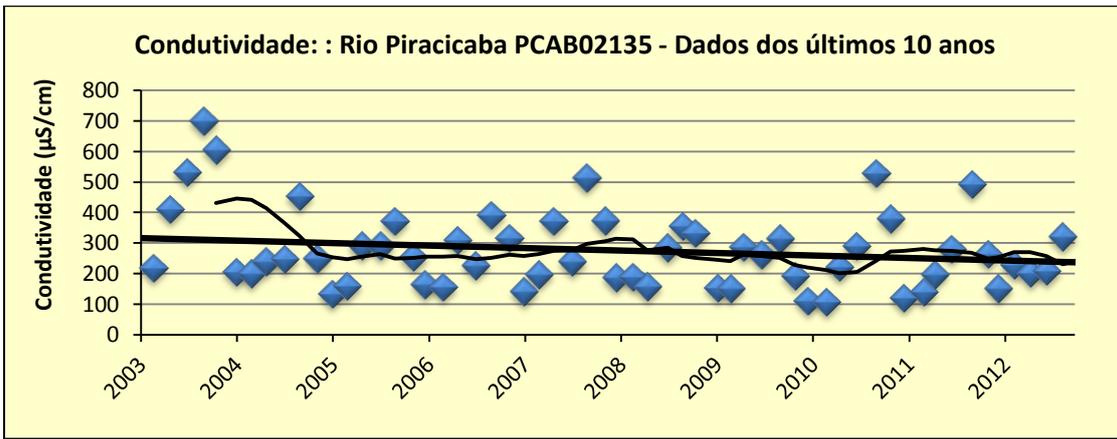
Ponto do rio /ano de comparação estatística	Teste F	Teste T	Diferença Significativa
Rio Jaguarí JAGR 02800 – 2002 a 2006 e 2008 a 2012	0,432413	0,317409	NÃO
Rio Atibaia ATIB 2010 – 2002 a 2006 e 2008 a 2012	0,840488	0,143829	NÃO
Rio Atibaia ATIB 2065 – 2002 a 2006 e 2008 a 2012	0,73874	0,0085	SIM
Rio Corumbataí CRUM 02500 – 2002 a 2006 e 2008 a 2012	0,850419	0,988268	NÃO

ANEXO C
GRÁFICOS DAS VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DOS
10 ÚLTIMOS ANOS DE MONITORAMENTO (2003 A 2012)

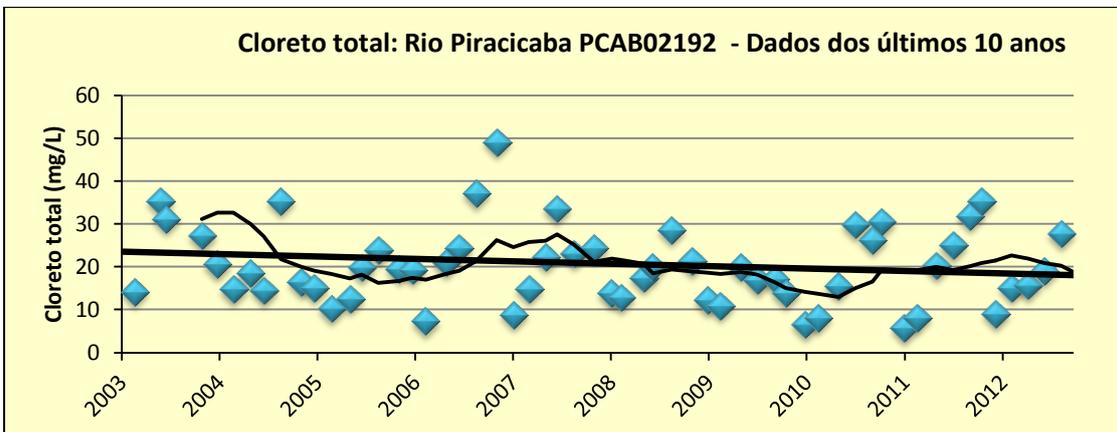
C1. Rio Piracicaba – Ponto PCAB 02135

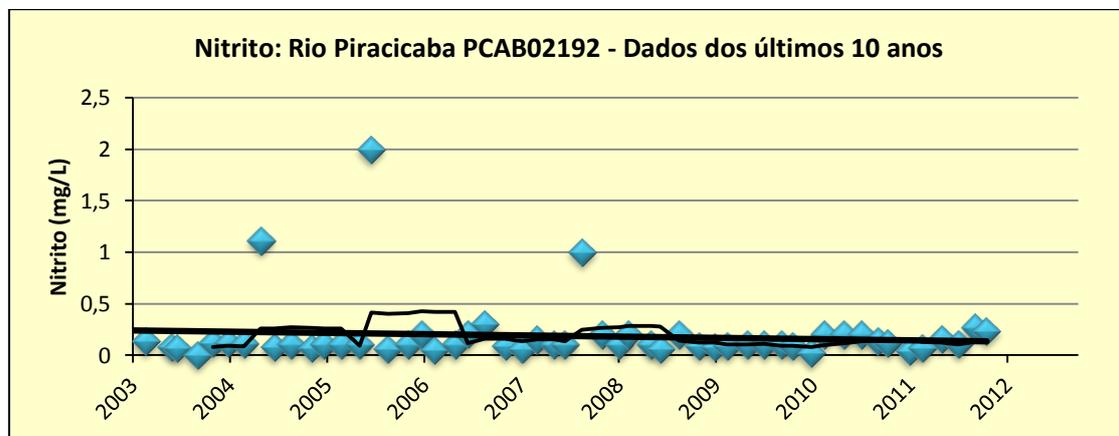
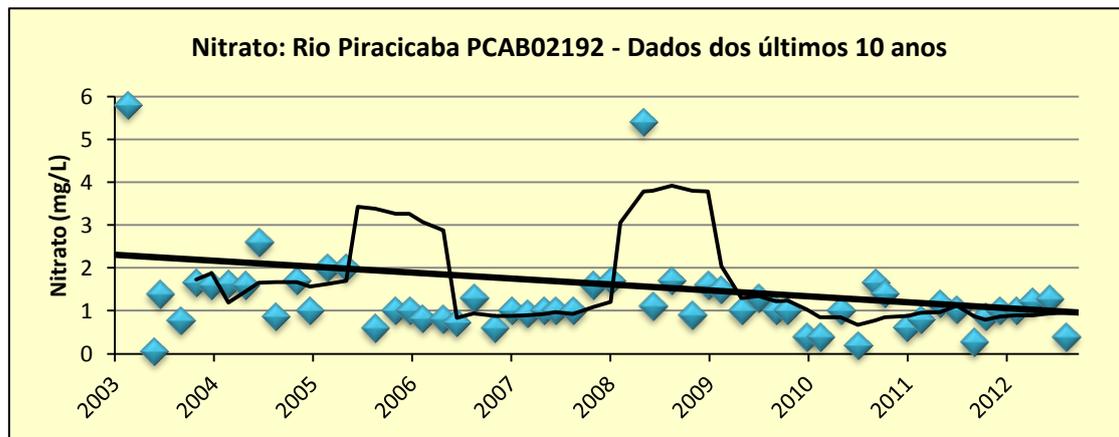
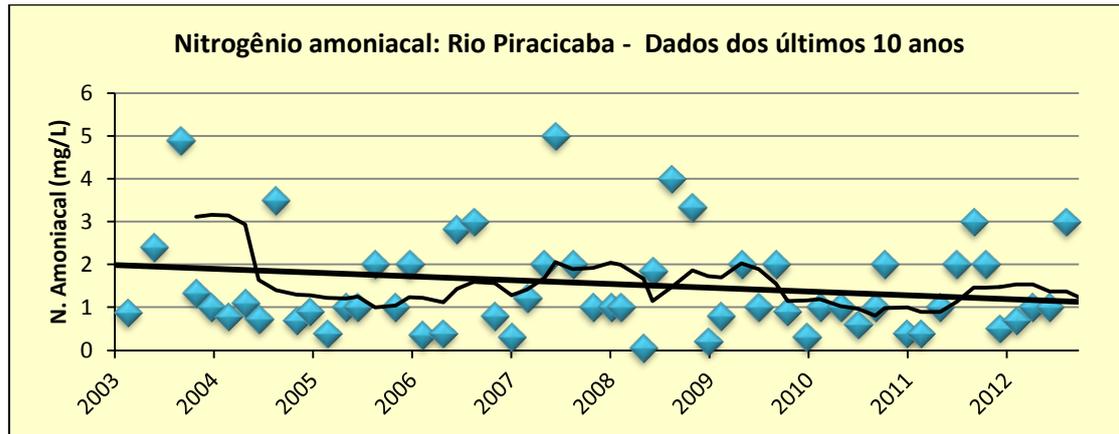
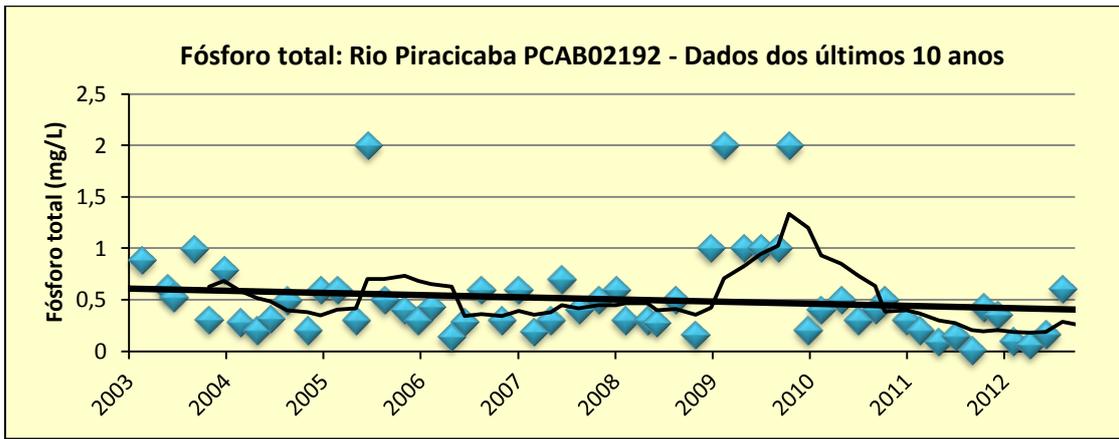


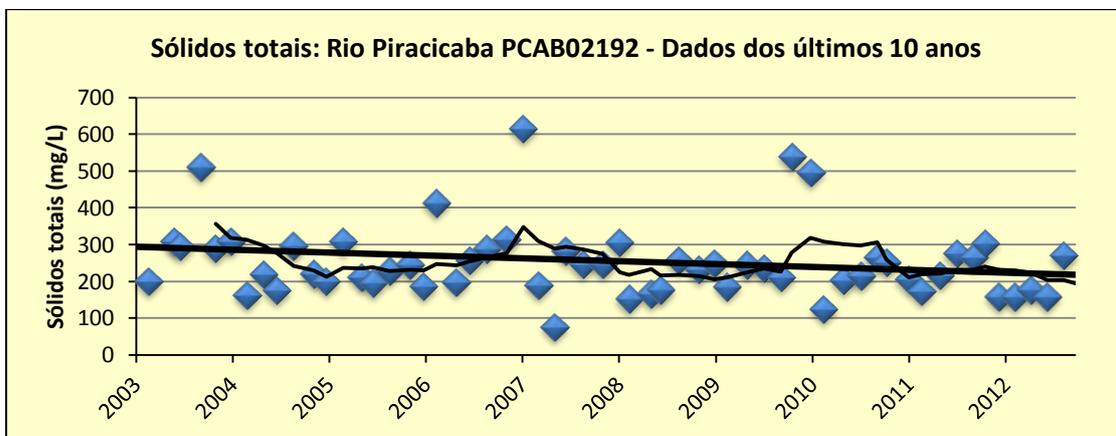
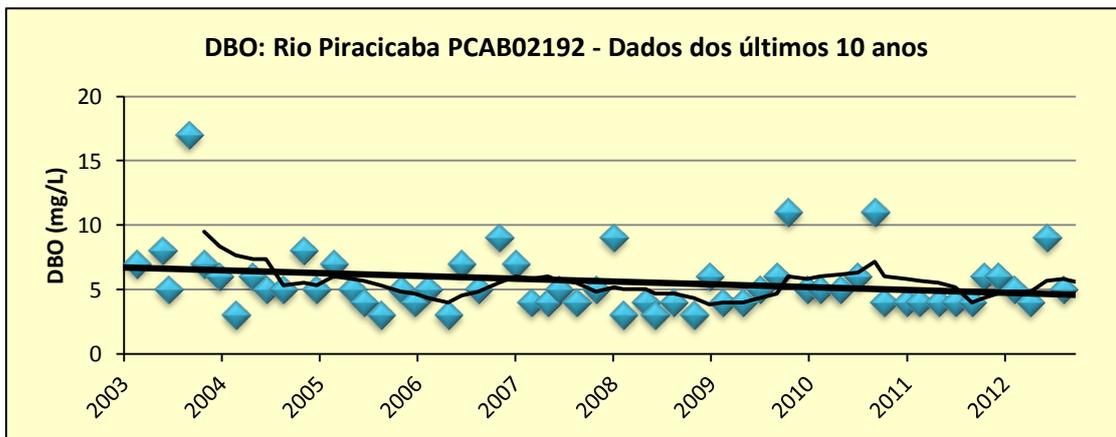
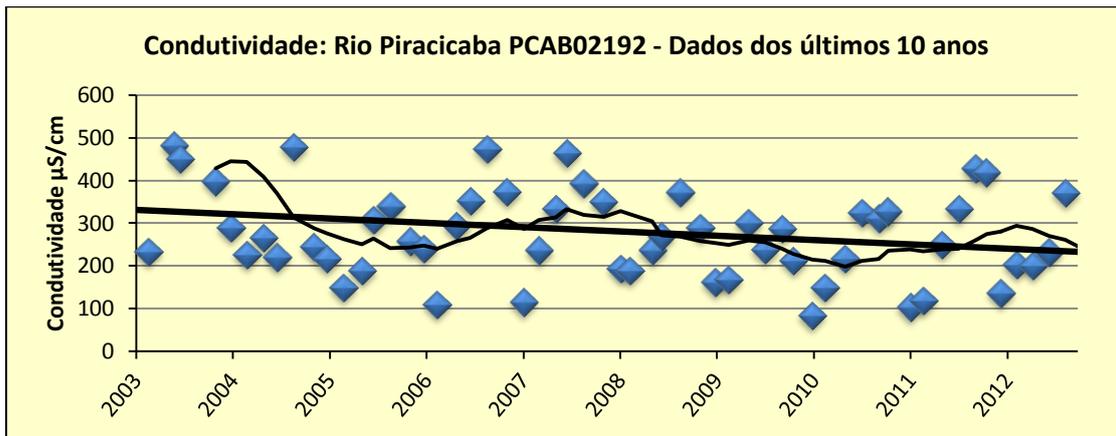
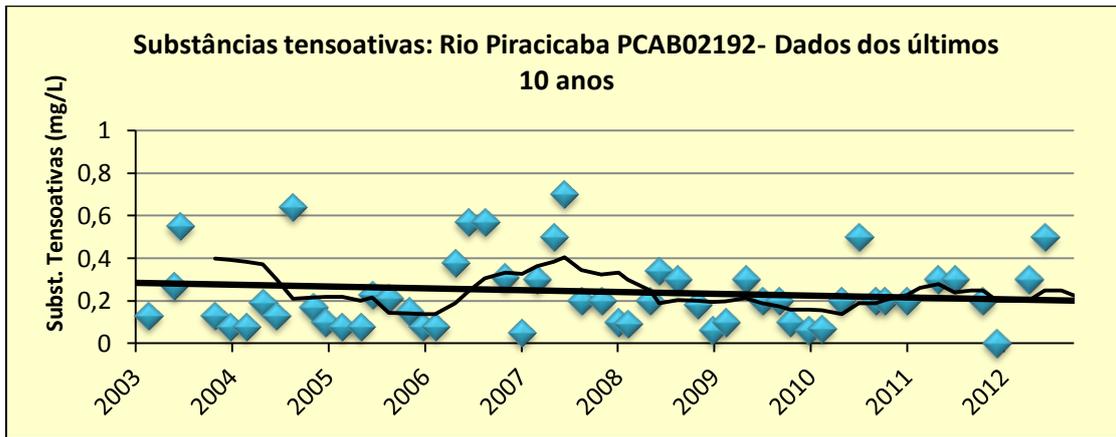


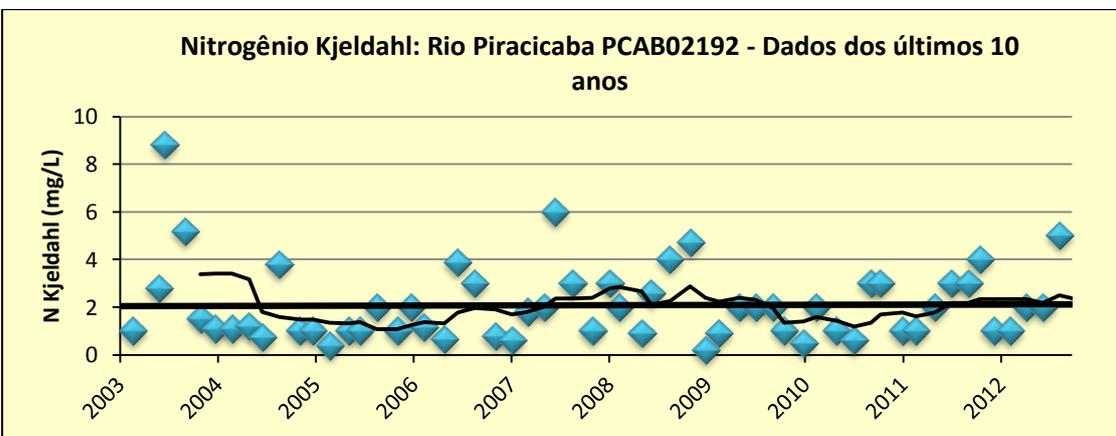
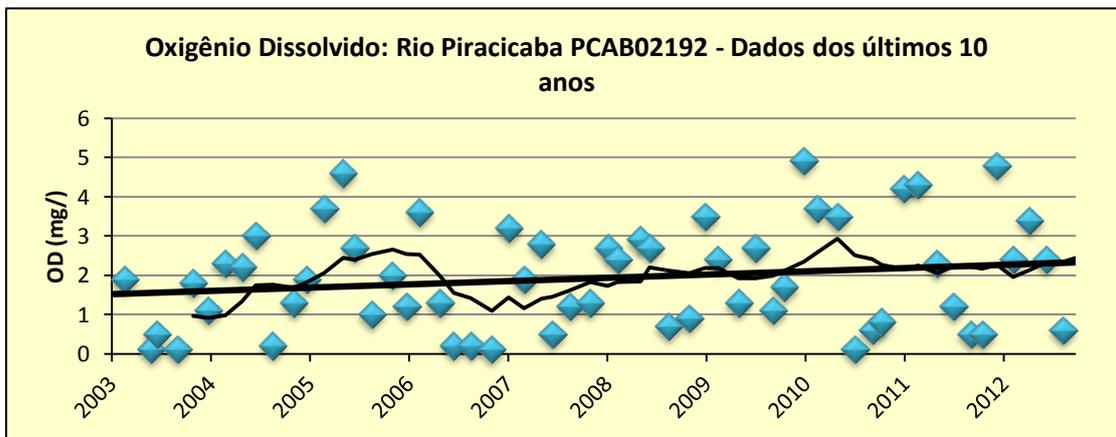
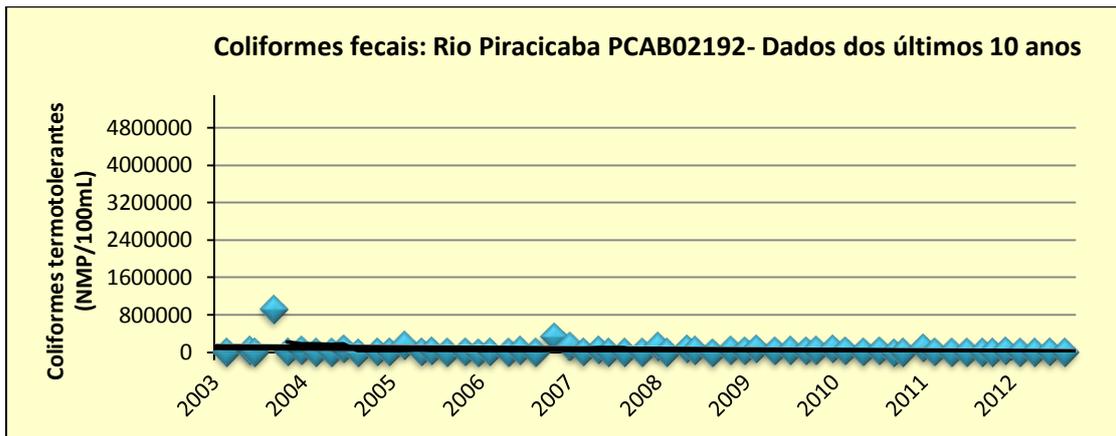
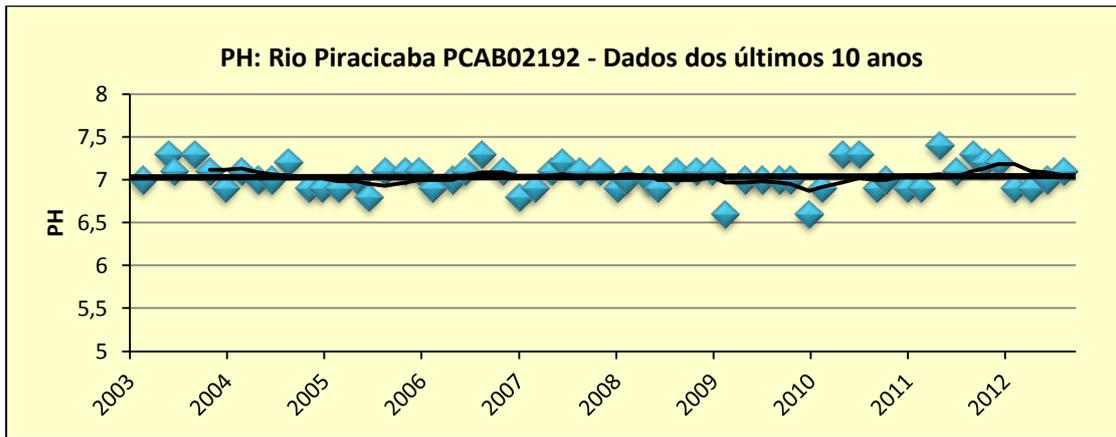


C.2 Rio Piracicaba Ponto PCAB02192

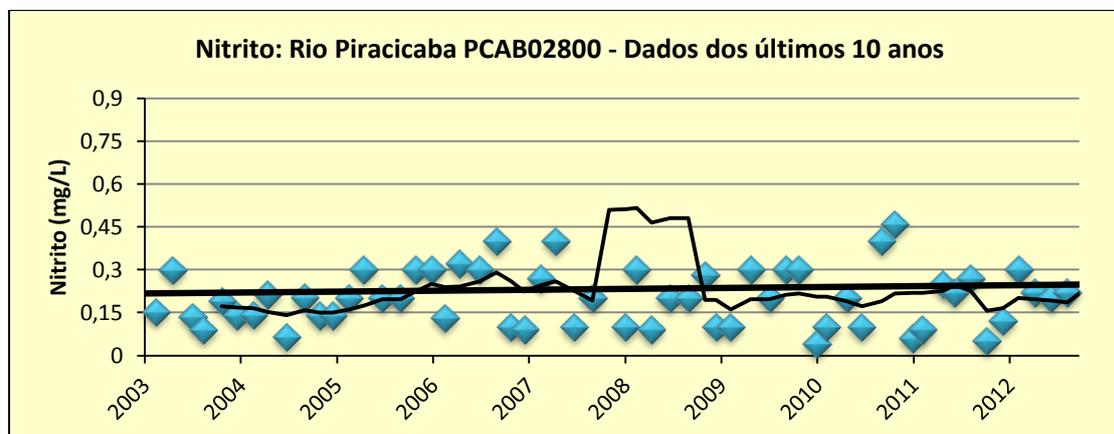
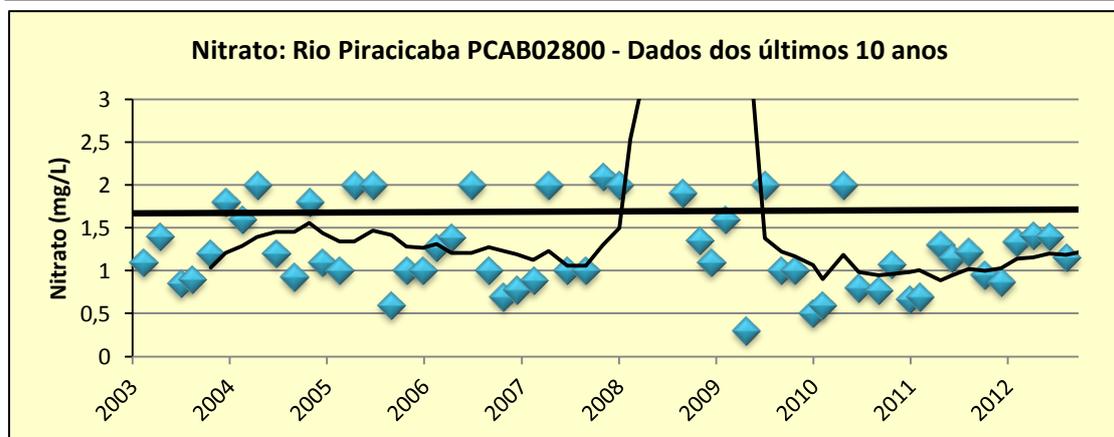
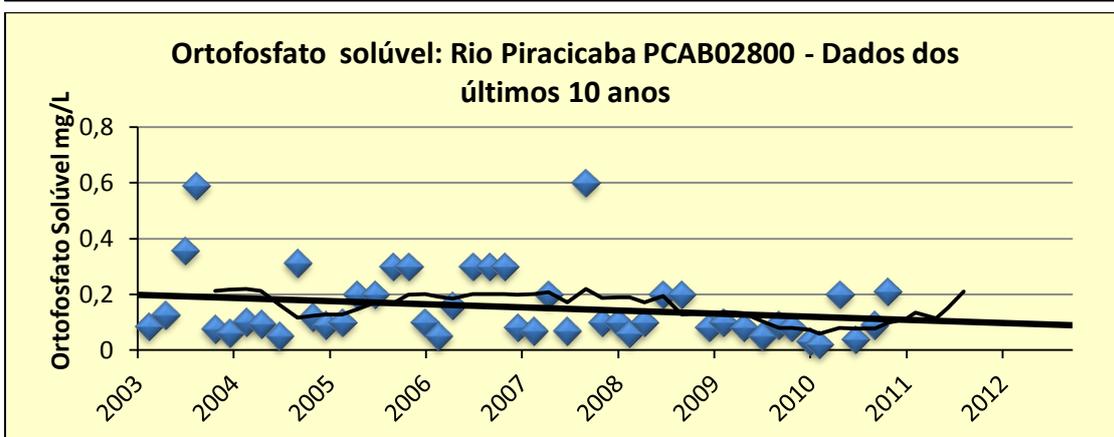
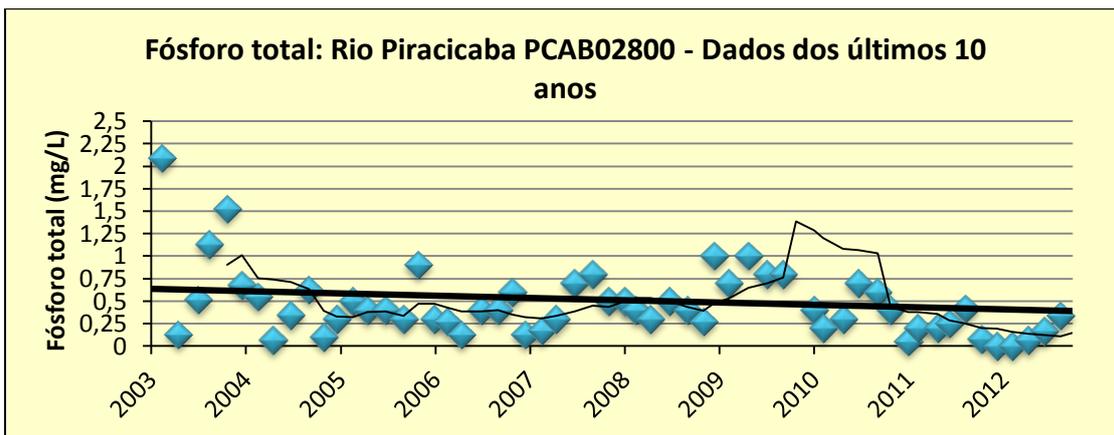


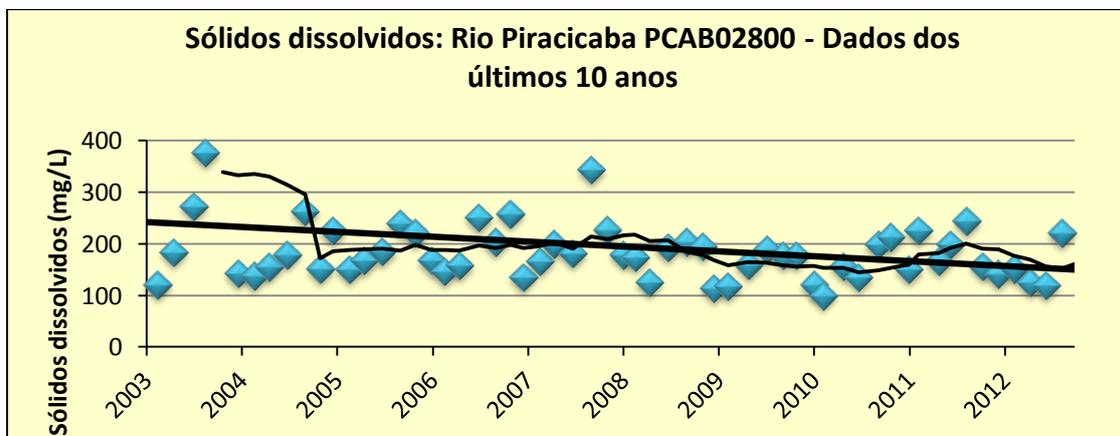
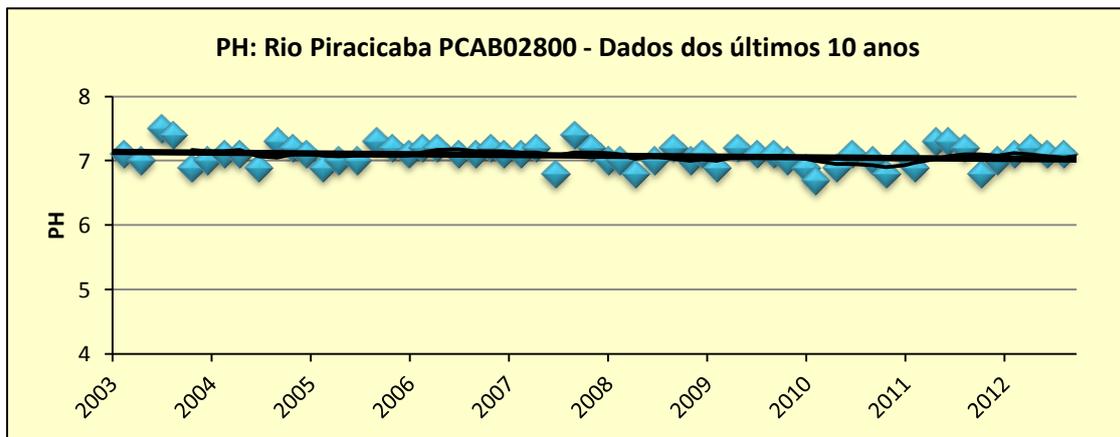
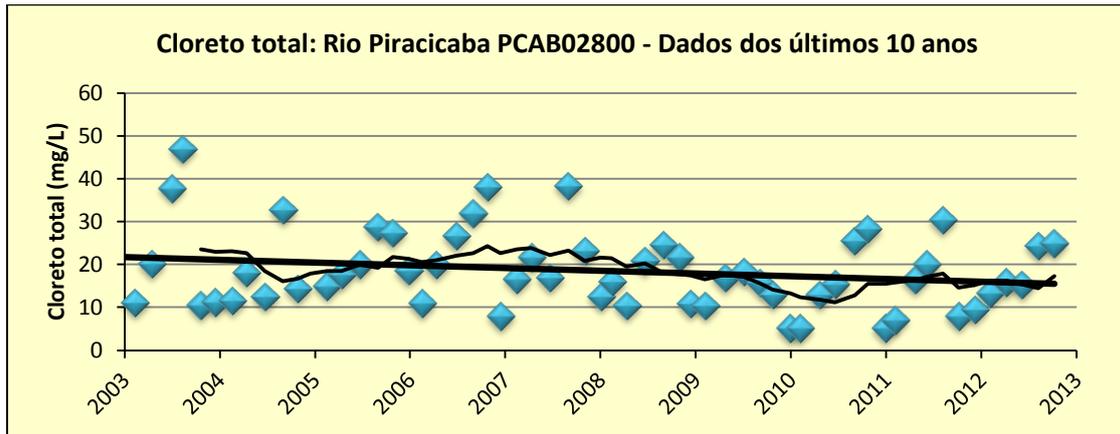
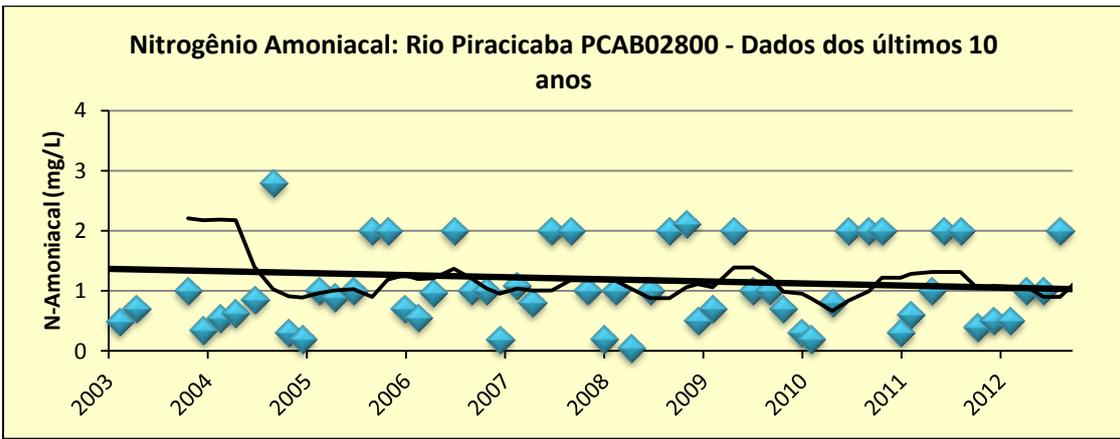


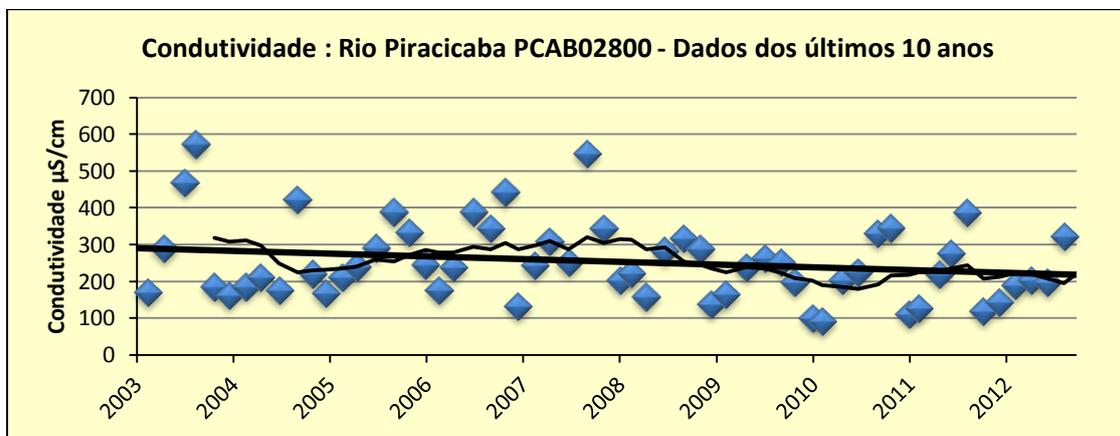
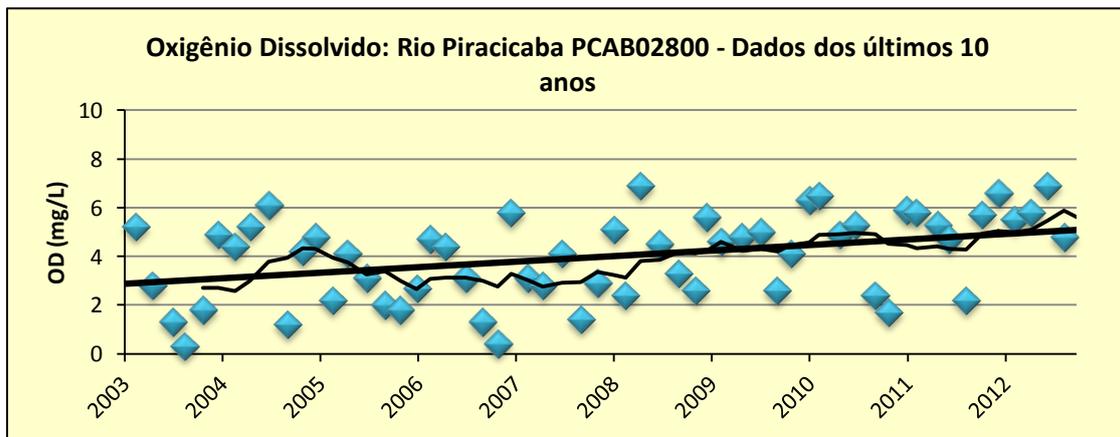
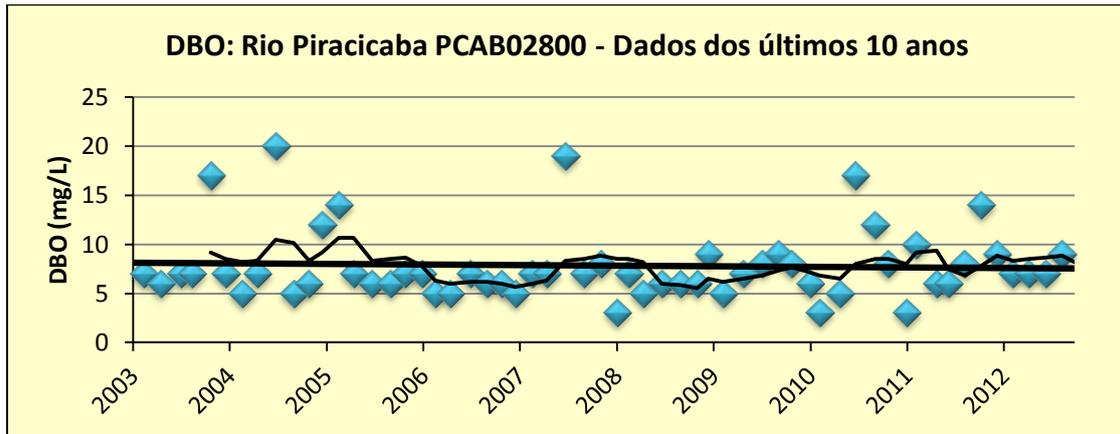
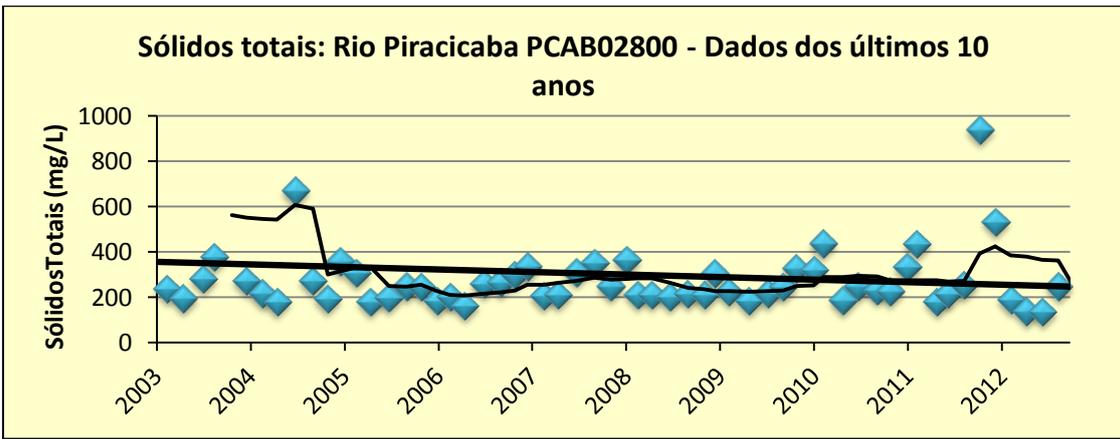




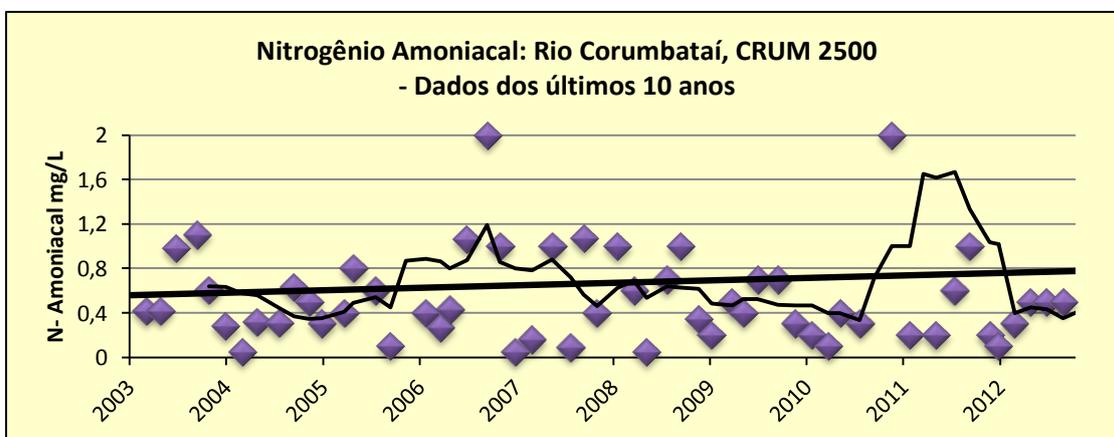
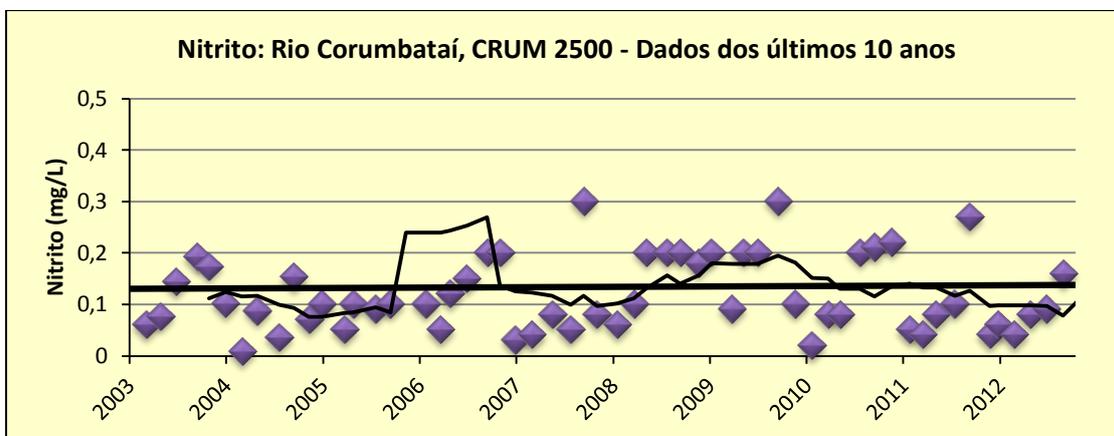
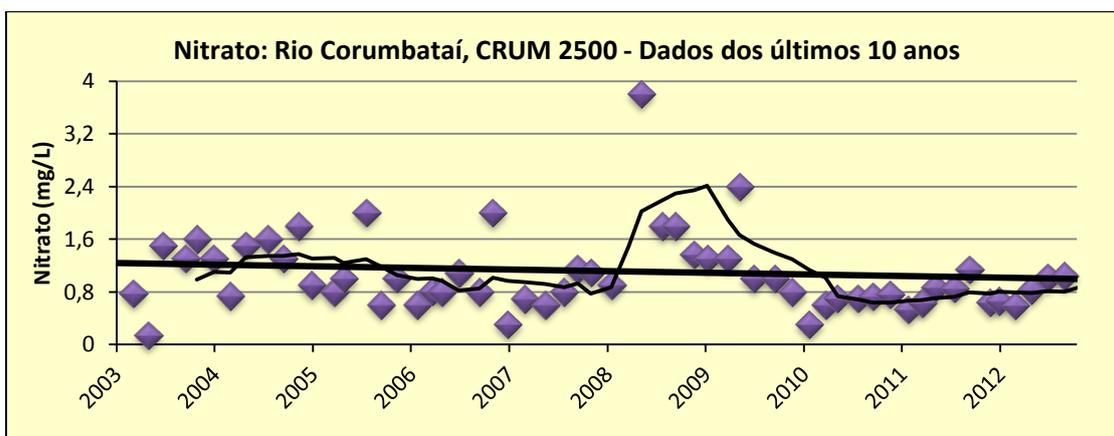
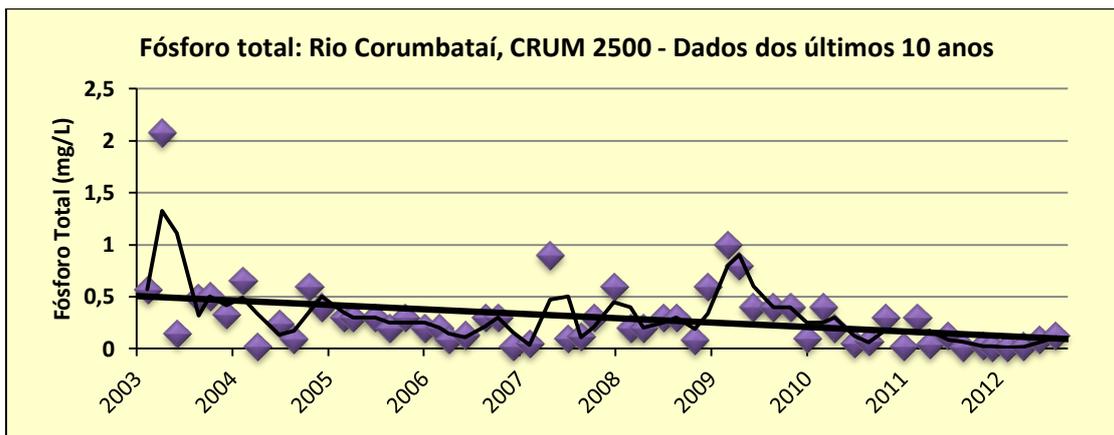
C.3 Rio Piracicaba PCAB02800

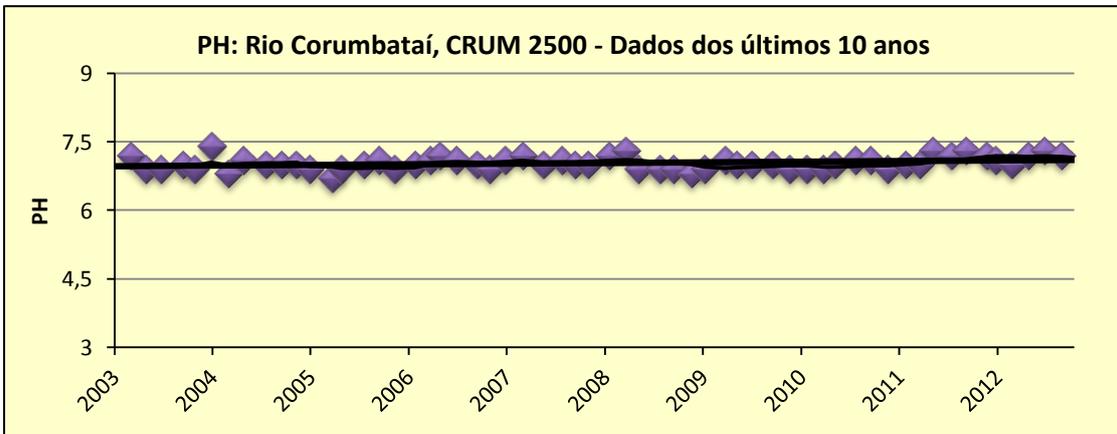
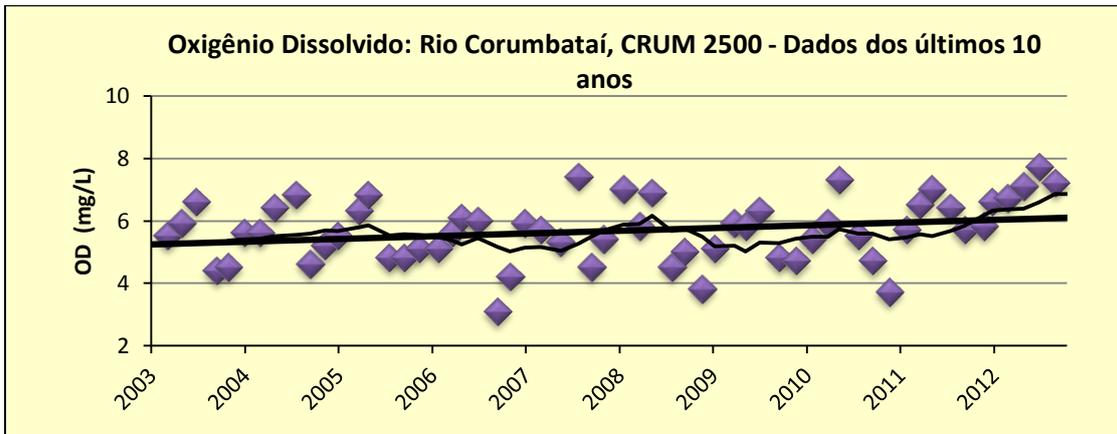
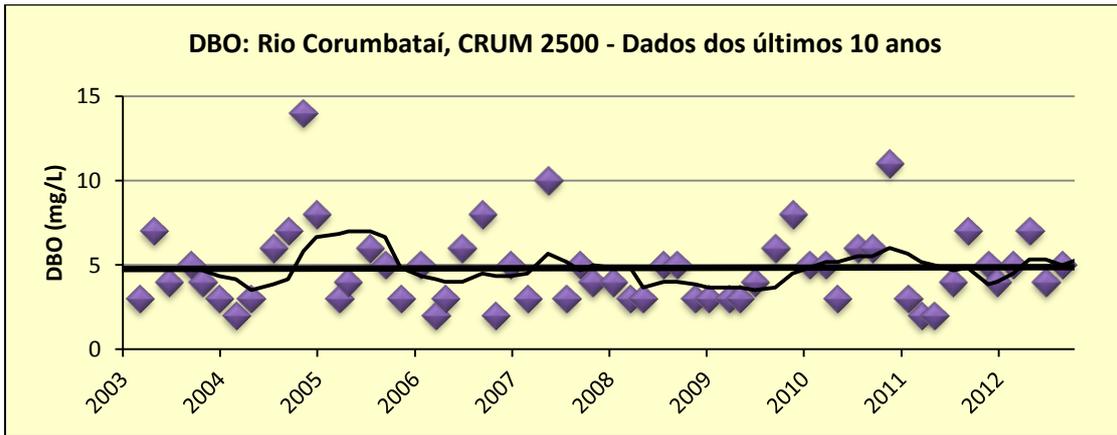
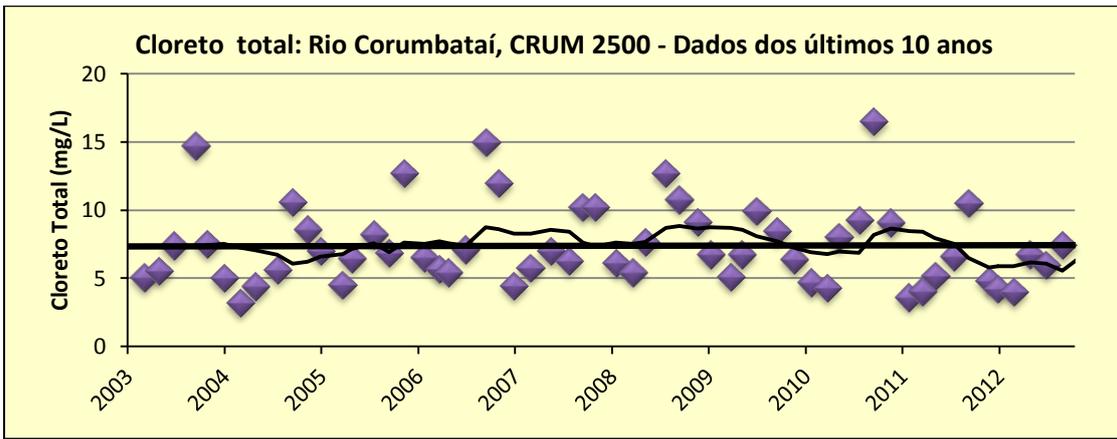




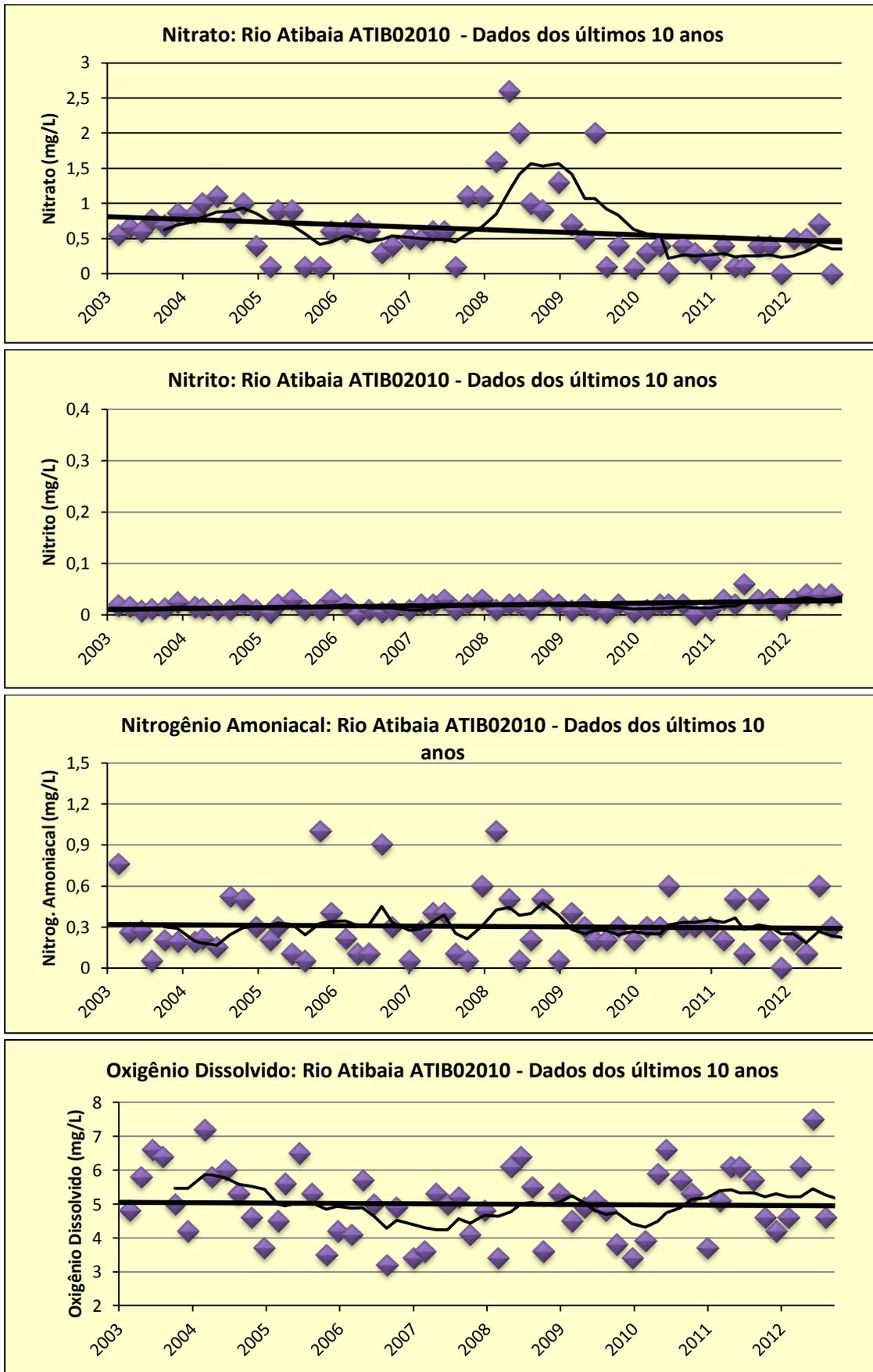


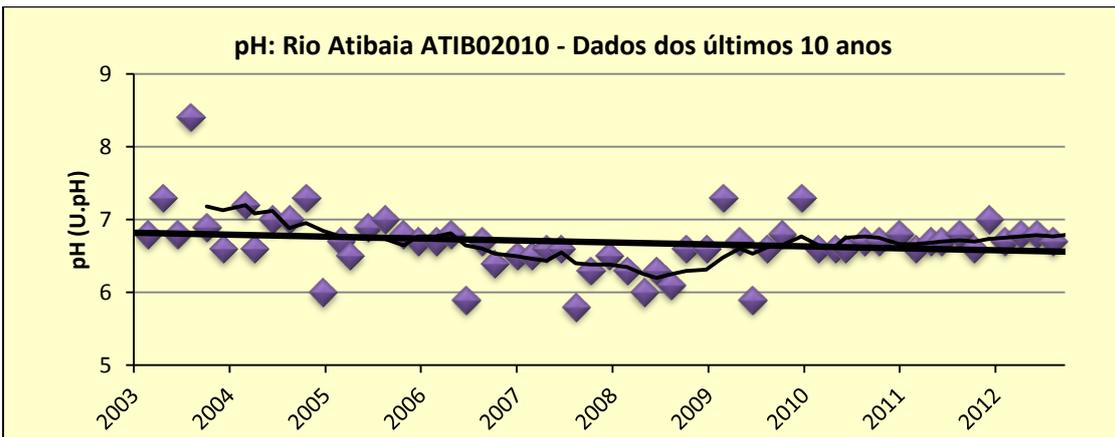
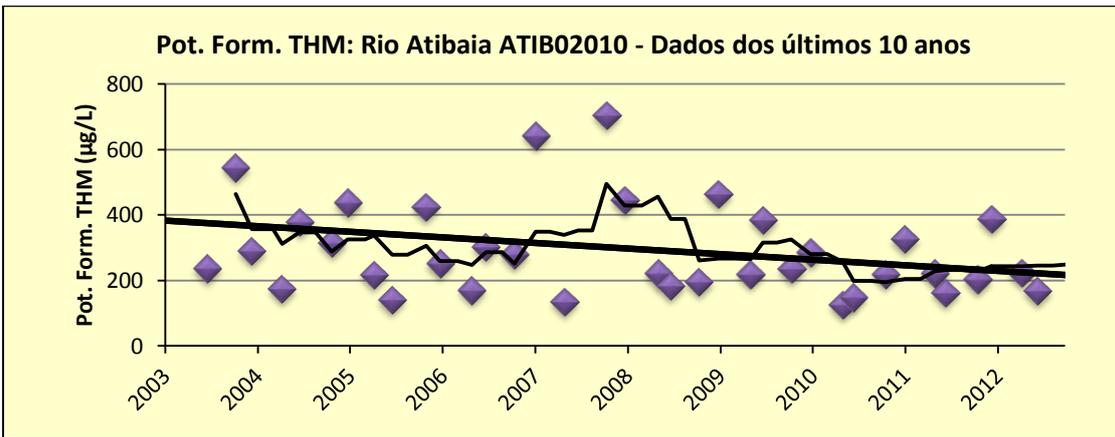
C.4 Rio Corumbataí Ponto CRUM 2500



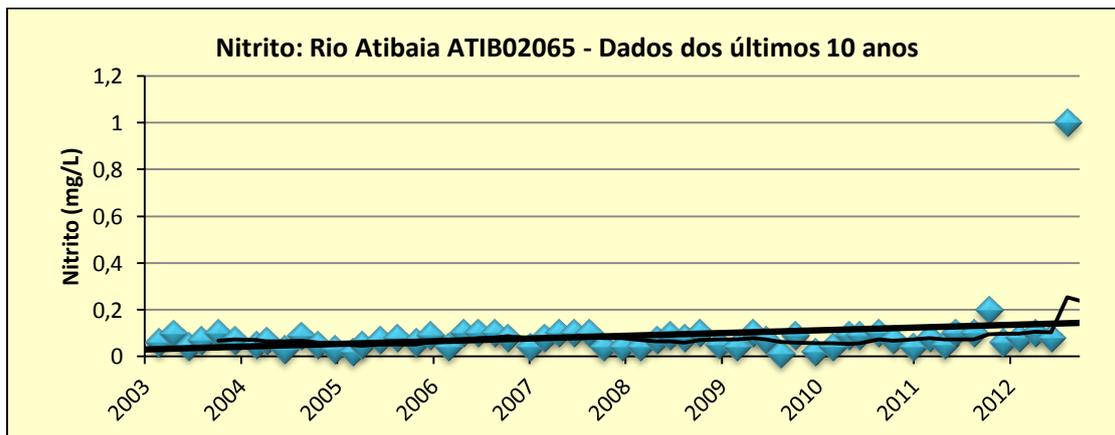
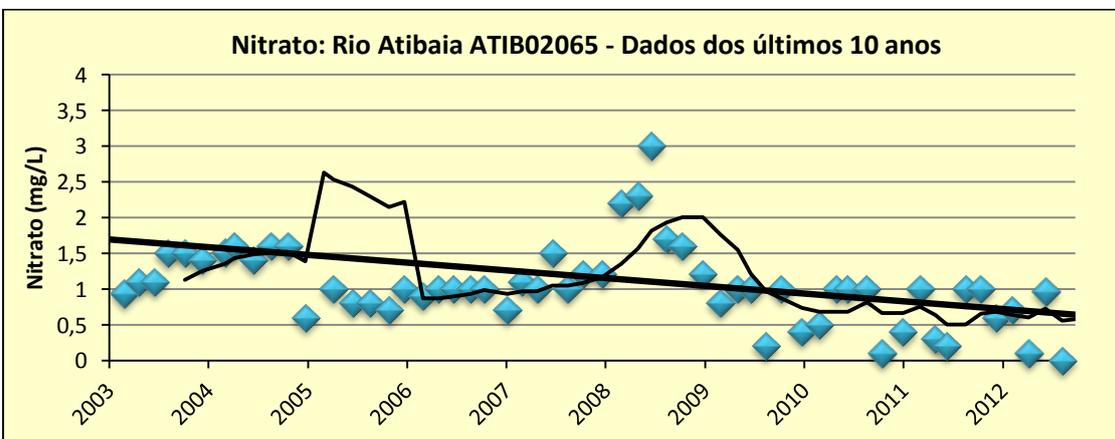


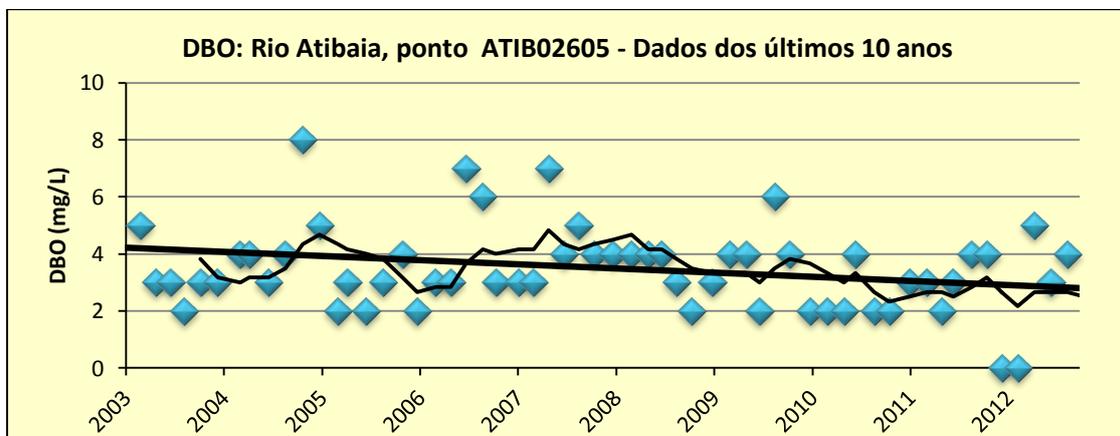
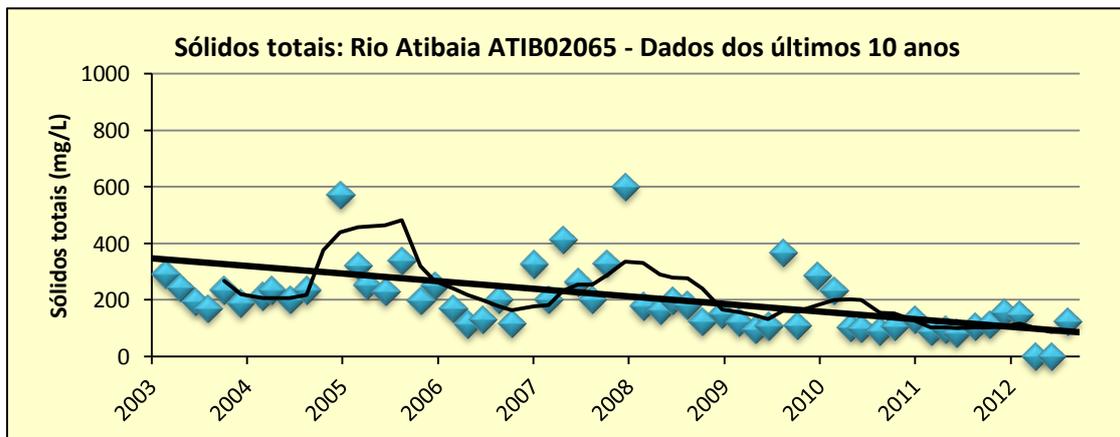
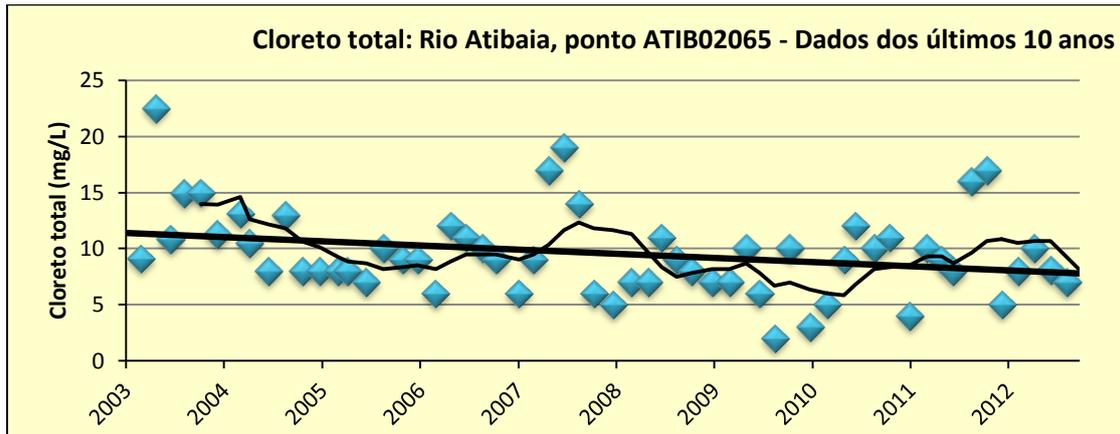
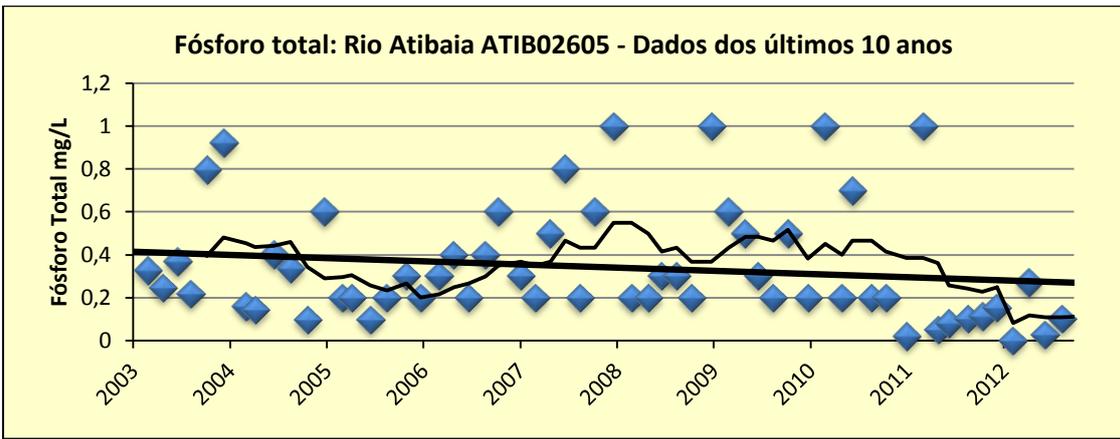
C5- Rio Atibaia ATIB 02010

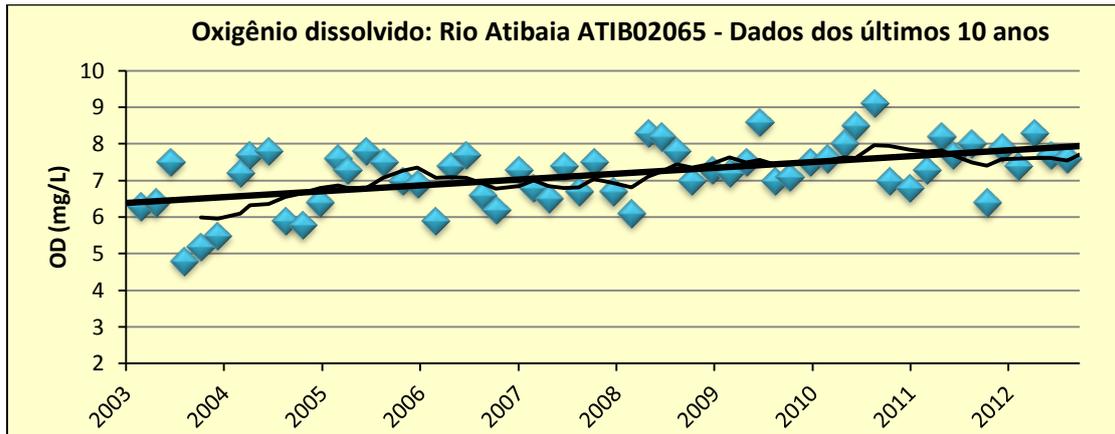
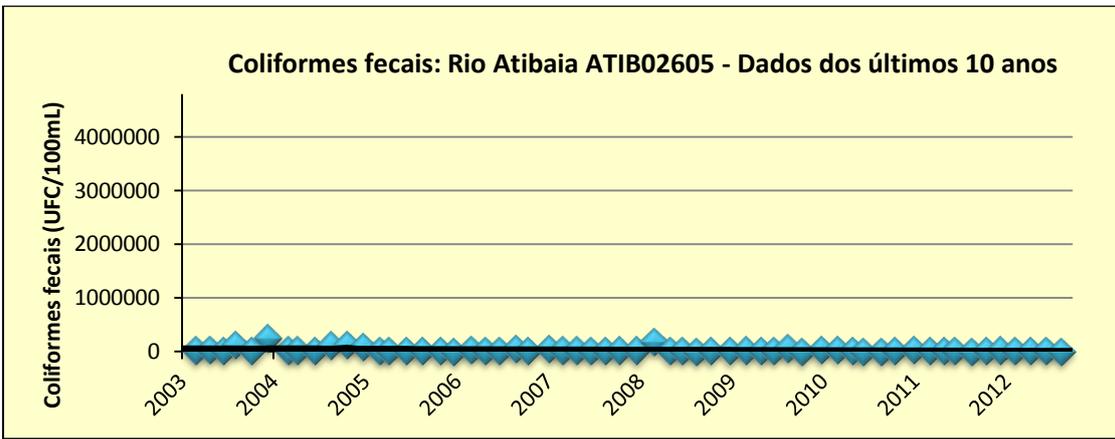




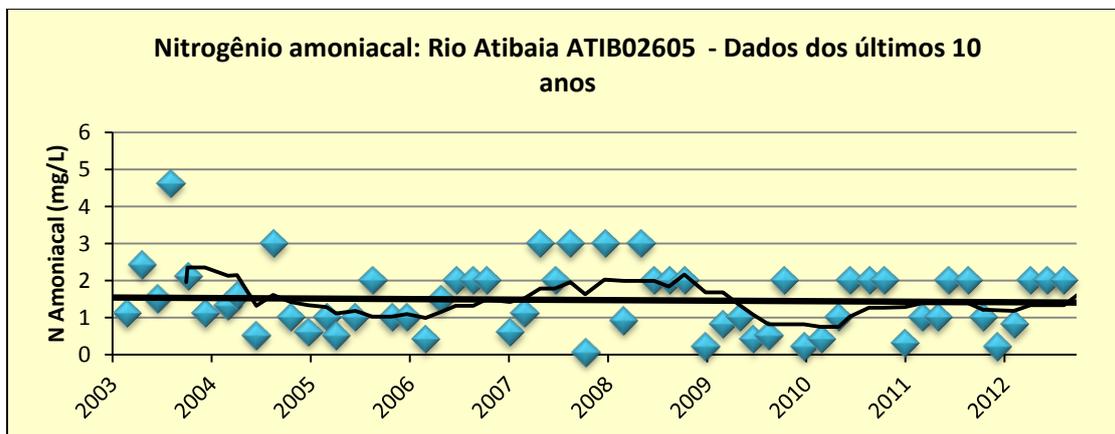
C.6-Rio Atibaia ATIB02065

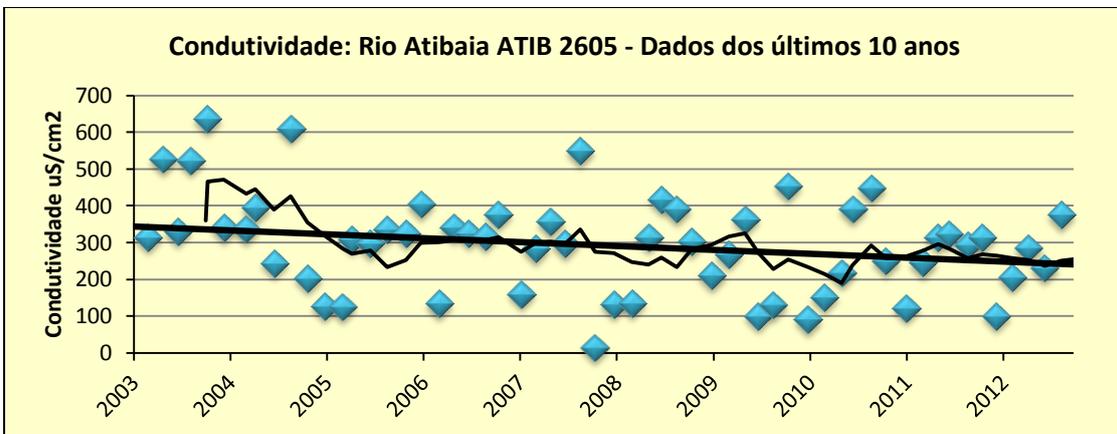
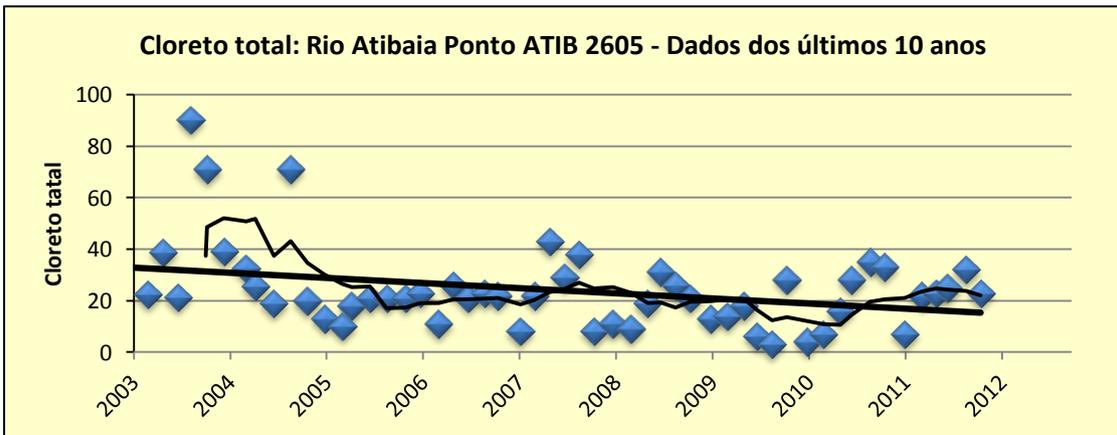
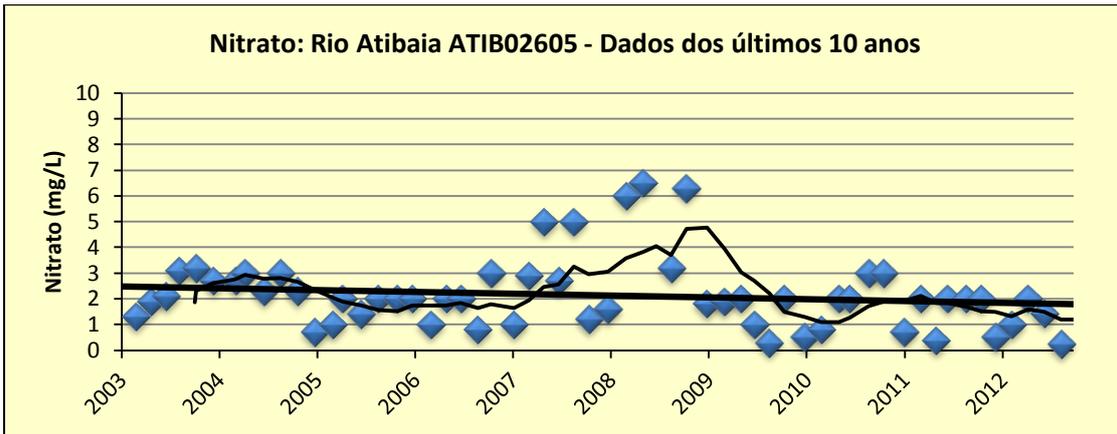
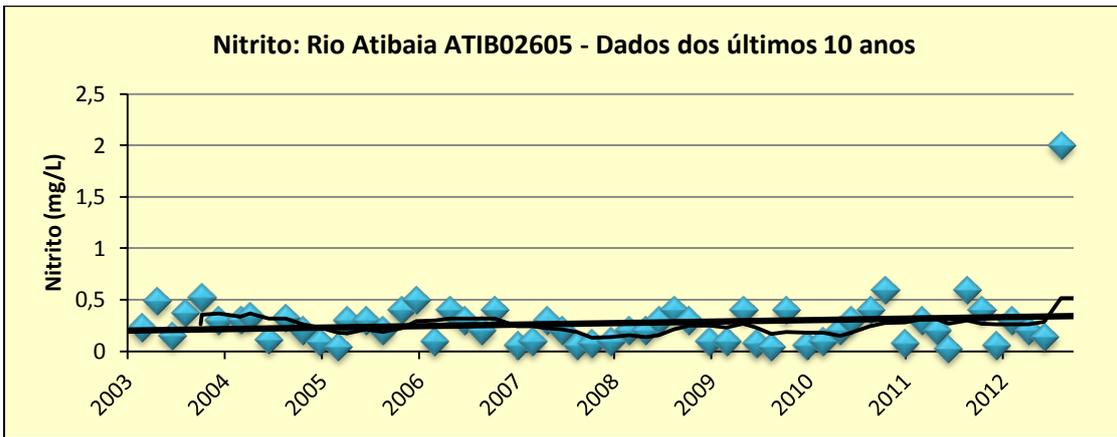


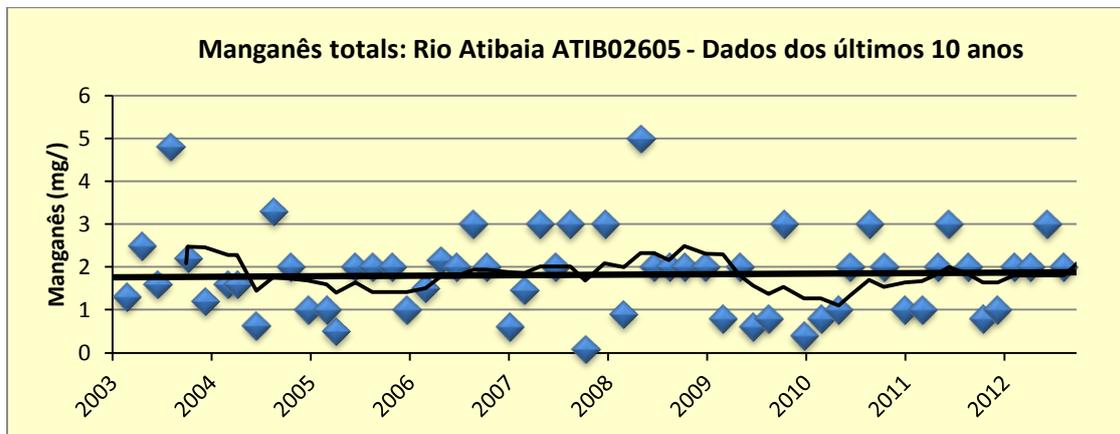
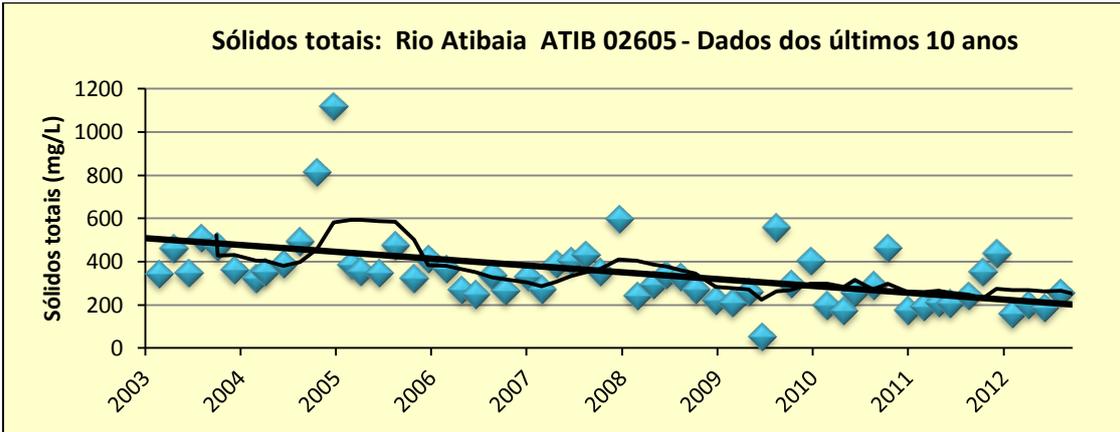
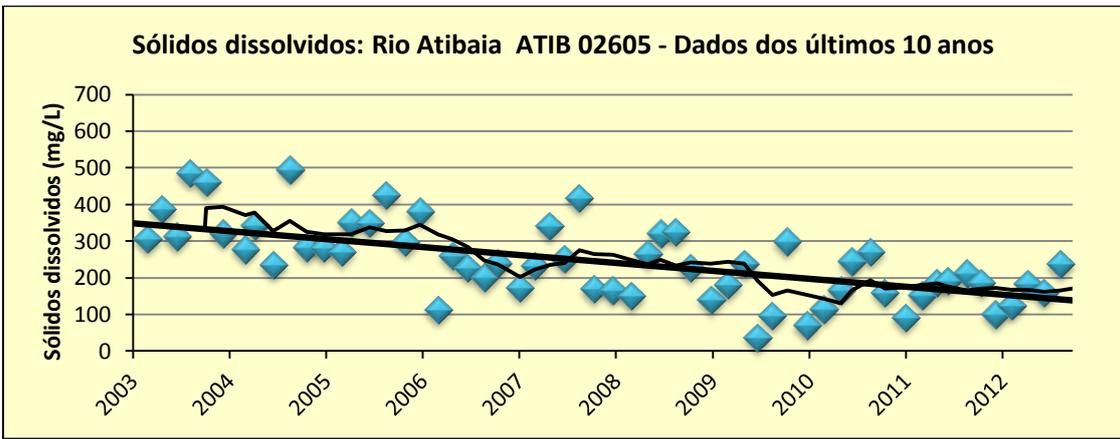


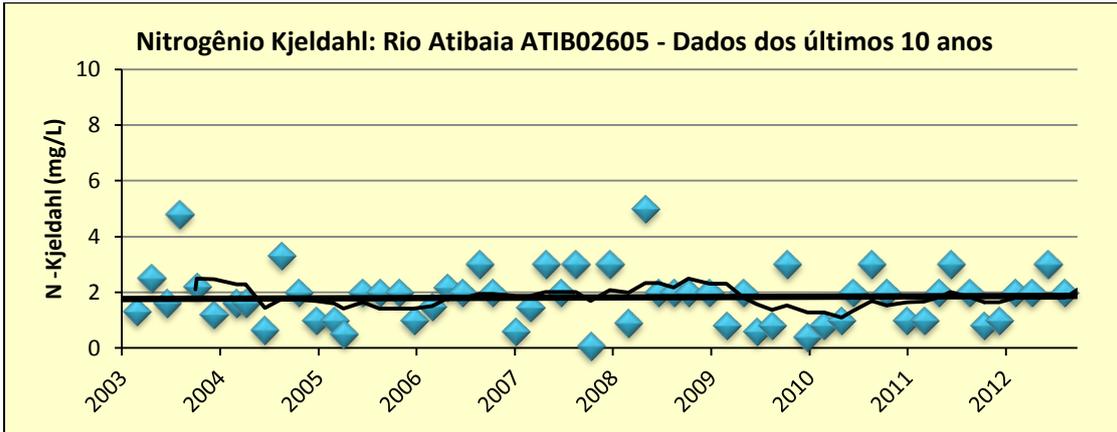
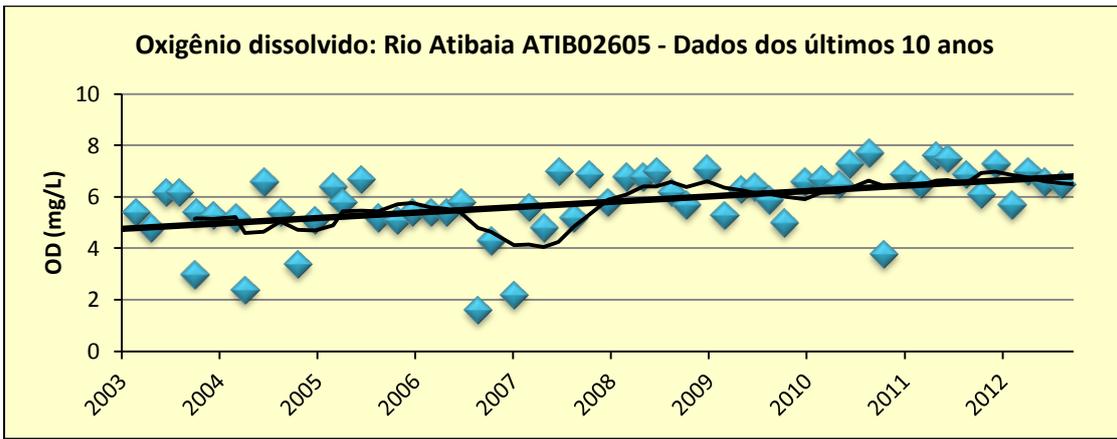


C.7 Rio Atibaia ATIB02605

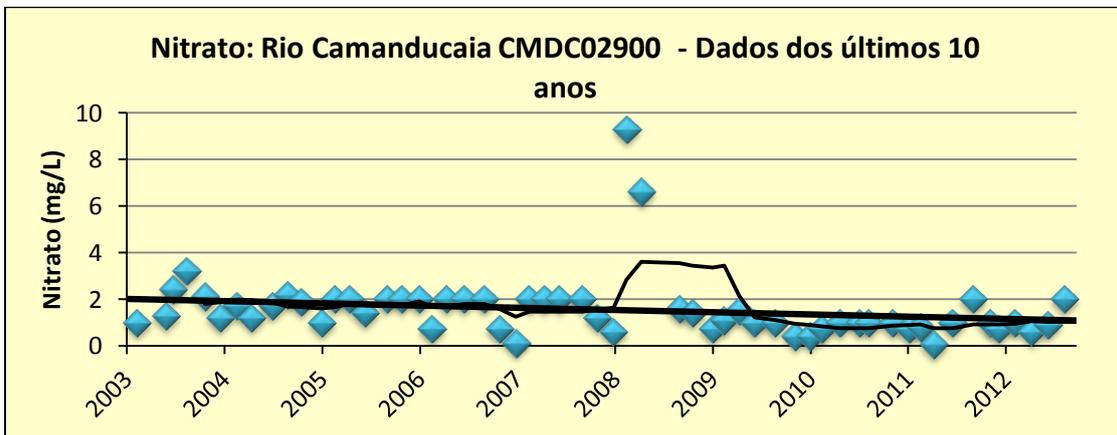
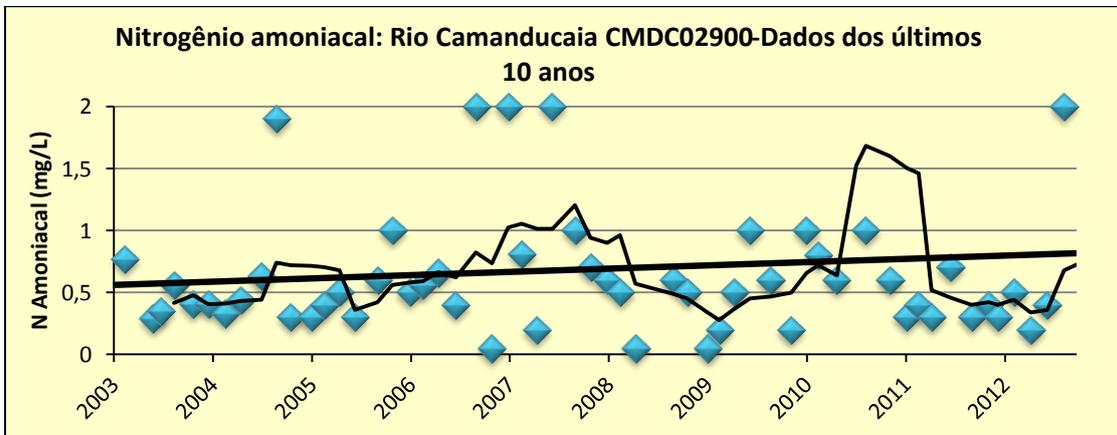


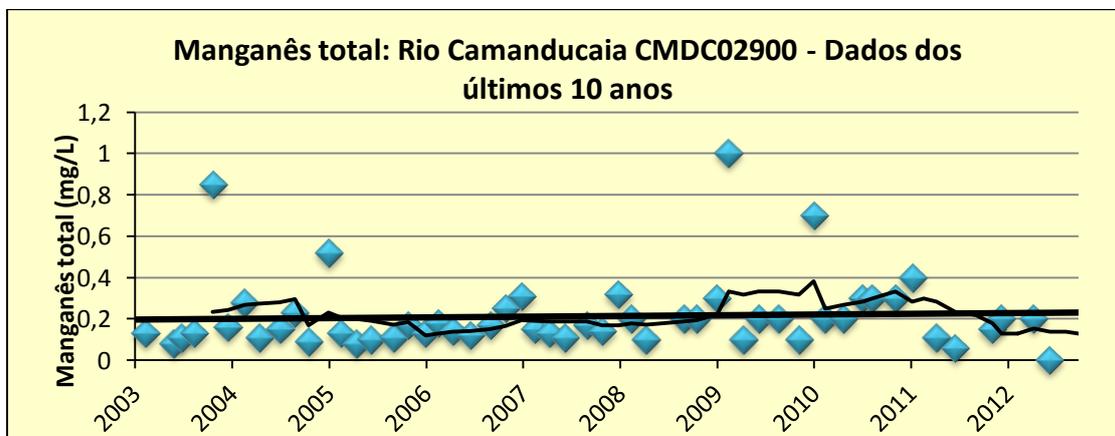
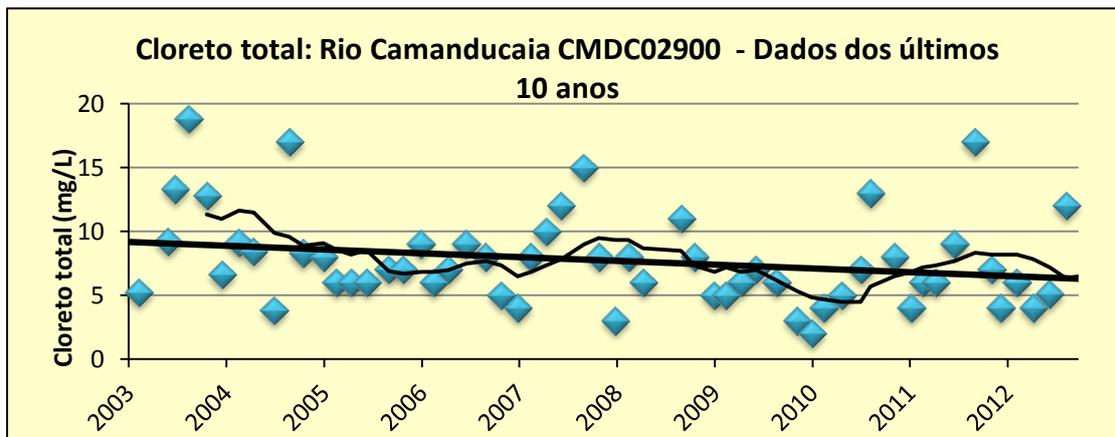
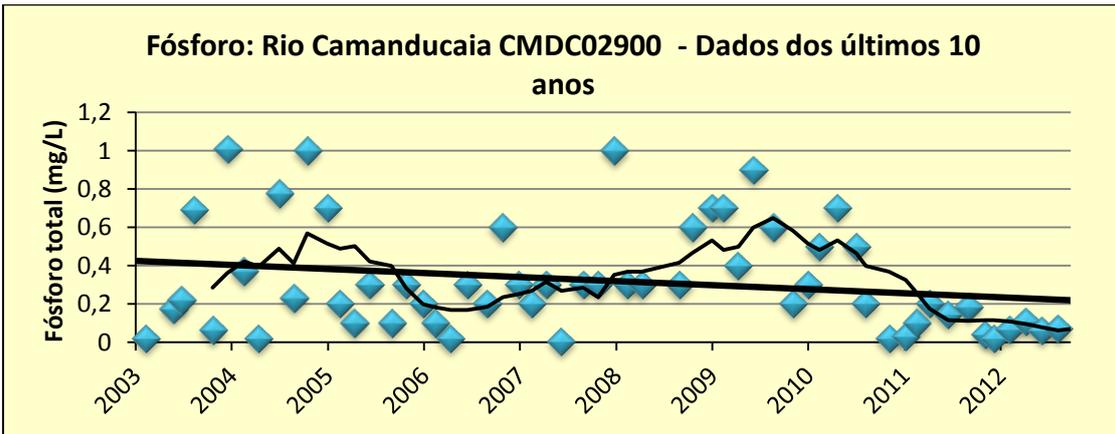
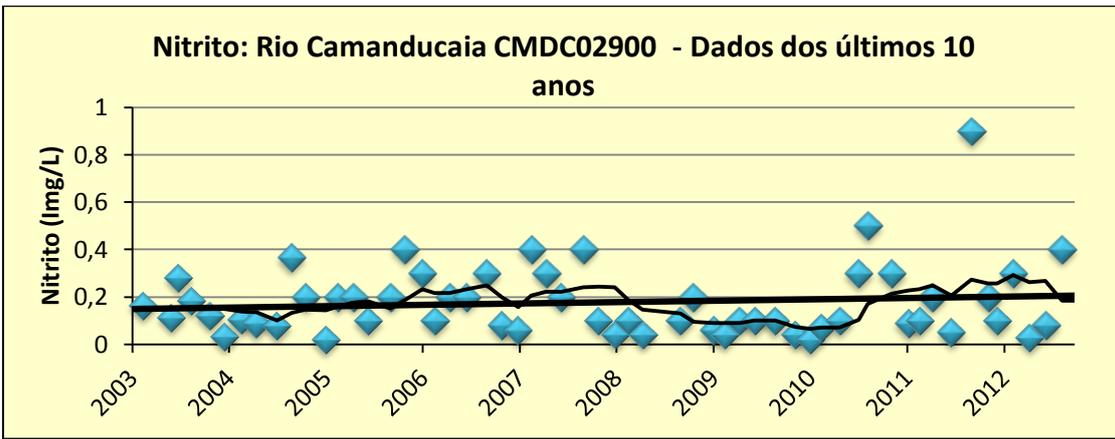


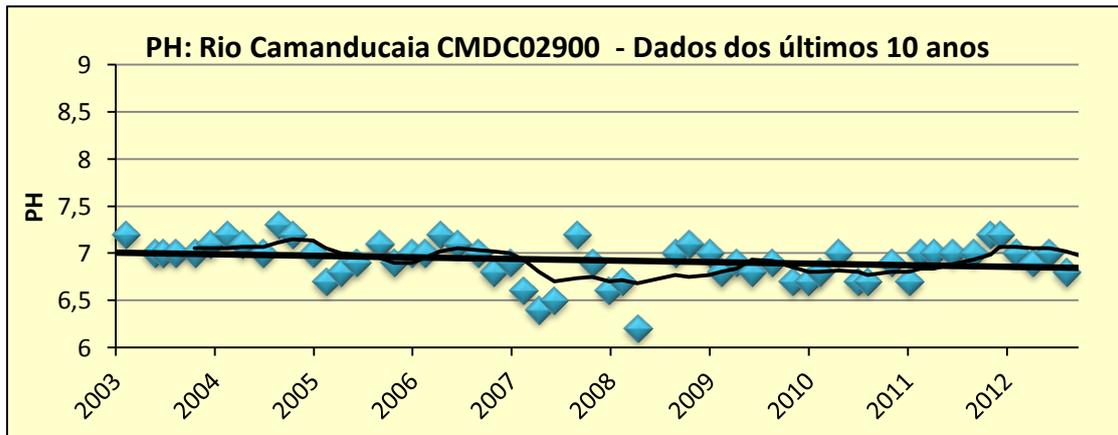
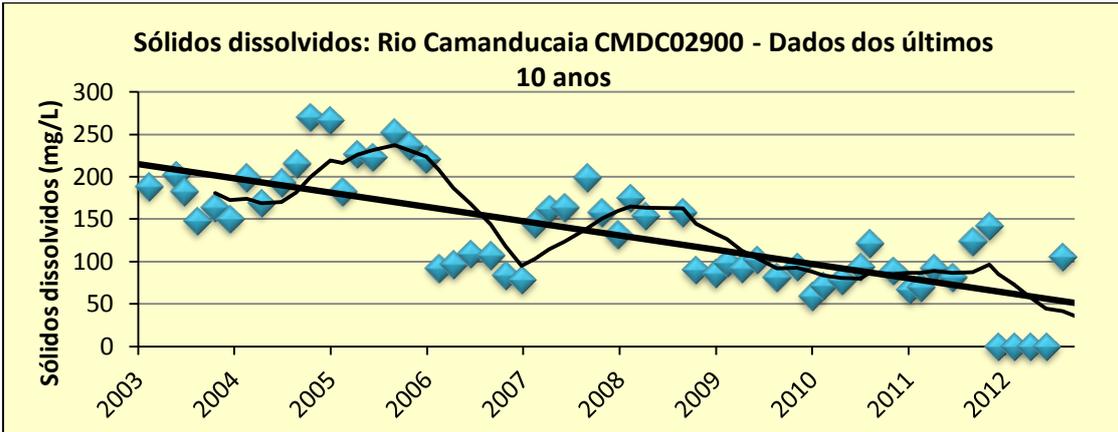
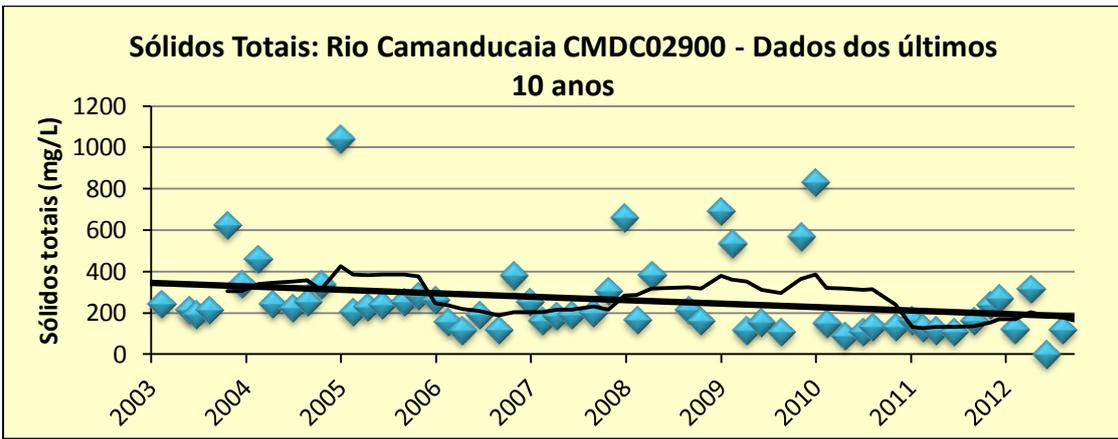




C.8 Rio Camanducaia CMDC02900







C.9 Rio Jaguari JAGR02800

