



COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

RELATÓRIO EXECUTIVO

OTIMIZAÇÃO DA FREQUÊNCIA DA REDE BÁSICA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DOCES NO ESTADO DE SÃO PAULO

AUTORES

Antonio Costa Ruge Junior
Antonio de Castro Bruni
Beatriz Durazzo Ruiz
Carmen Lucia Vergueiro Midaglia
Deborah Arnsdorff Roubicek
Eduardo Angelino Savazzi
Fabio Netto Moreno
Maria do Carmo Carvalho
Marta Condé Lamparelli
Nelson Menegon Junior

São Paulo
2020

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – Sede: Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 – CEP 05459-900 – São Paulo – SP – Tel.: (0xx11) 3133- 3000, Fax: (0xx11) 3133 – 3402 - C.N.P.J. n.º 43.776.491/0001 – 70 – Insc. Est. n.º 109.091.375-118 – Insc. Munic. n.º 8.030.313-7 - Site.: www.cetesb.sp.gov.br

Cód.: S010V04

07/08/2009



1. INTRODUÇÃO

Os programas de monitoramento da qualidade da água são desenhados para a obtenção de informações quantitativas e representativas sobre as características físicas, químicas e biológicas de um corpo d'água ao longo do tempo e do espaço (Strobl, Robillard, 2008). Existem vários tipos diferentes de programas, com diferentes estratégias e abordagens de análise, que dependem principalmente dos usos da água, mas, em última instância, todos eles são planejados para informar aos agentes reguladores sobre a necessidade de tomar medidas para proteger a saúde humana e ambiental.

Quanto à saúde humana, a má qualidade da água representa uma grande ameaça: doenças diarreicas são responsáveis por um crescimento de cerca de 4,1% da carga DALY (*Disability Adjusted Life Years*) global de doenças e, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), levam a morte de cerca de 1,8 milhões de pessoas por ano no mundo. Estima-se que cerca de 88% deste cenário é atribuído a má qualidade da água para consumo humano e afeta, principalmente, crianças nos países em desenvolvimento, onde uma quantidade significativa de doenças poderia ser evitada, se a população tivesse maior acesso a água potável, instalações sanitárias adequadas e melhores práticas de higiene (WORLD HEALTH ORGANIZATION [WHO], 2012).

Outro uso fundamental do recurso hídrico é a proteção da vida aquática, que também é diretamente influenciada pela condição de qualidade da água. Portanto, o controle das fontes poluidoras torna-se uma medida crucial para a manutenção dos múltiplos usos do recurso hídrico, tendo como foco o desenvolvimento sustentável no Estado de São Paulo, conforme prevê a Constituição Estadual.

A fim de obter um diagnóstico da qualidade das águas superficiais no Estado de São Paulo, a CETESB, em consonância com suas atribuições estabelecidas na Lei Estadual 118, de 29.06.1973, atualizada até a Lei Estadual nº 13.542, de 08.05.2009, mantém um programa de monitoramento de qualidade das águas superficiais doces desde 1974. Outros objetivos específicos desse monitoramento são:

- Avaliar a conformidade com a legislação ambiental;

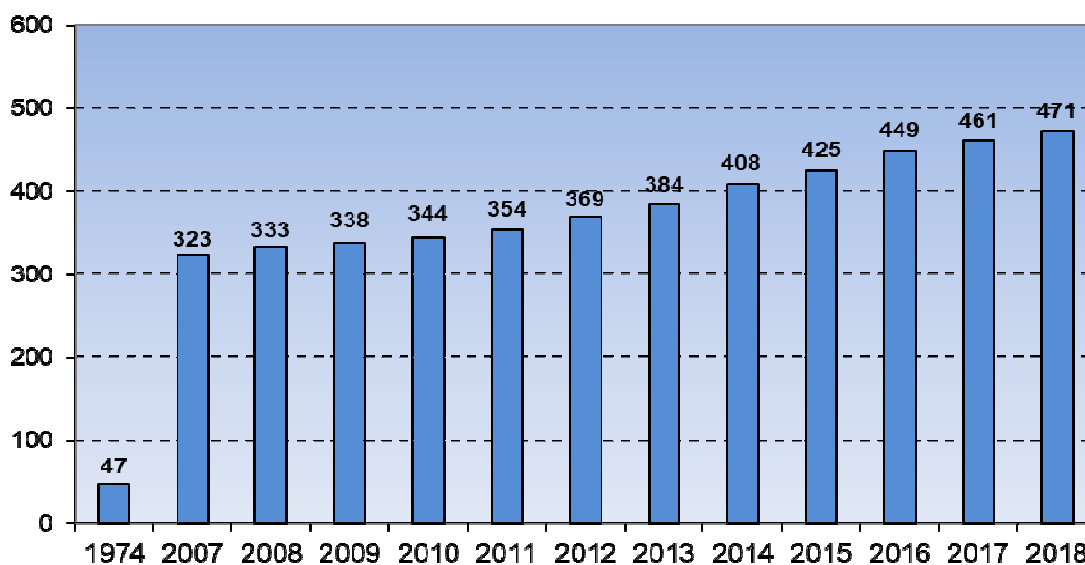


COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

- Avaliar a evolução temporal da qualidade das águas superficiais do Estado;
- Identificar áreas prioritárias para o controle da poluição das águas, tais como trechos de rios e estuários onde a sua qualidade possa estar mais comprometida, possibilitando, assim, ações preventivas e corretivas da CETESB e de outros órgãos;
- Subsidiar o diagnóstico e controle da qualidade das águas doces utilizadas para o abastecimento público, verificando se suas características são compatíveis com o tratamento existente, bem como para os seus usos múltiplos;
- Subsidiar a execução dos Planos de Bacia e Relatórios de Situação dos Recursos Hídricos, para a cobrança do uso da água e estudo do enquadramento dos corpos hídricos;
- Subsidiar a implementação da Política Nacional de Saneamento Básico (CETESB, 2017)

A figura 1, a seguir, mostra a evolução do número de pontos de amostragem do programa de monitoramento de qualidade de águas superficiais em corpos de água doce, como rios e reservatórios. Na última década, houve um incremento de aproximadamente 130 pontos de amostragem, aperfeiçoando a representatividade espacial da rede de monitoramento.

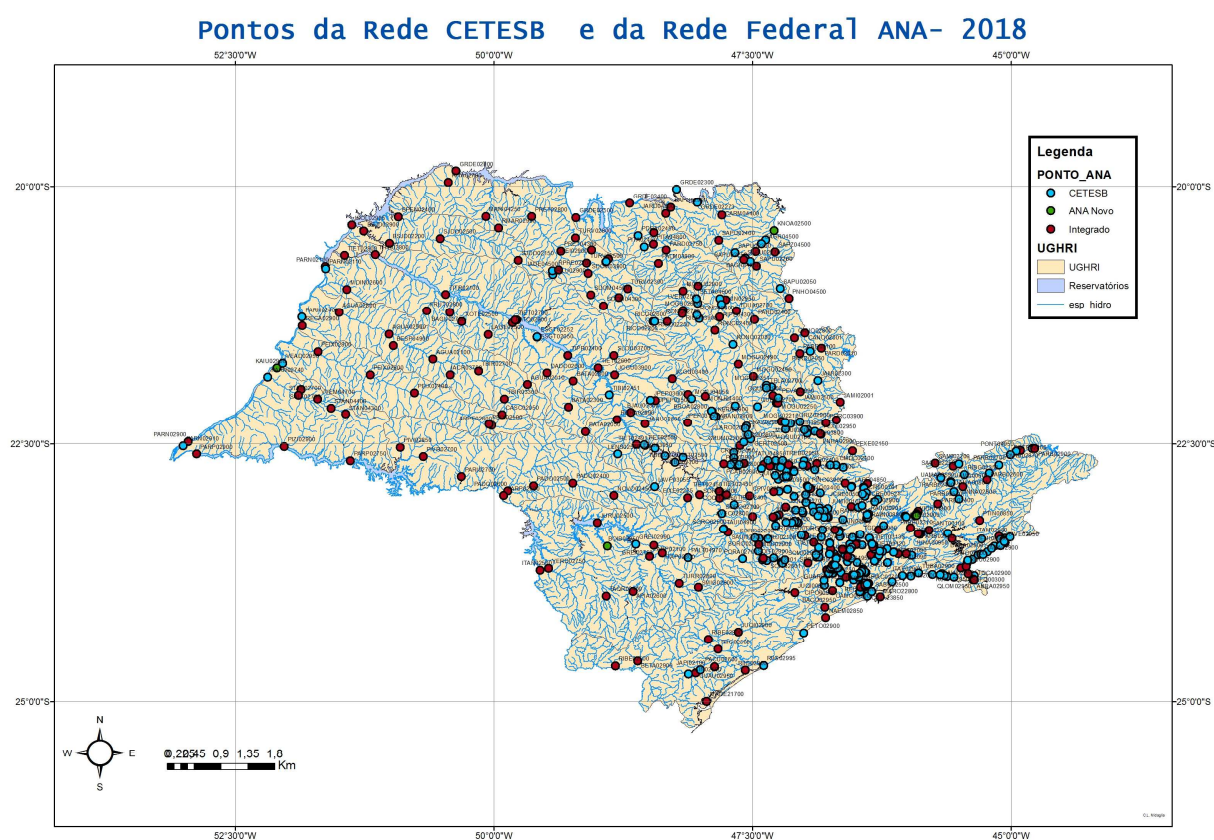
Figura 1 - Evolução dos pontos de amostragem do programa de monitoramento de água doce



(Fonte: Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo, 2018).

A distribuição espacial dos pontos de amostragem da rede básica é apresentada na figura 2, indicando uma densidade de pontos adequada para todas as 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHIs em que se divide o Estado de São Paulo.

Figura 2 – Pontos de amostragem da Rede Básica de Monitoramento de Águas Superficiais do Estado de São Paulo de 2018.



(Fonte: Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo, 2018).

Além da abrangência espacial, periodicamente, são determinados, em pelo menos 70% dos pontos de amostragem da rede básica, cerca de 60 variáveis, físicas, químicas, hidrobiológicas, microbiológicas e ecotoxicológicas, para verificar a qualidade da água. Alguns parâmetros estratégicos, tais como pH, temperatura d'água, oxigênio dissolvido, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio, resíduo total, nitrogênio total, fósforo total e *E. coli*, são utilizados para o cálculo do Índice de Qualidade das Águas - IQA (CETESB, 2018, Tabela 1).

Tabela 1 – Variáveis da Rede Básica de Monitoramento de Águas Superficiais do Estado de São Paulo. As principais variáveis são analisadas em mais de 70% dos pontos de amostragem. As variáveis adicionais são analisadas em menos de 70% dos locais e são definidas de acordo com os usos da água e índices calculados.

Grupo	Principais variáveis	Variáveis Adicionais
Físicos	Condutividade * Sólido Dissolvido Total * Sólido Total * Temperatura da Água * Temperatura do Ar * Turbidez *	Cor verdadeira Salinidade Transparência Vazão
Químicos	Alumínio Dissolvido Alumínio Total Bário Total Cádmio Total Cálcio Carbono Orgânico Dissolvido * Carbono Orgânico Total * Chumbo Total Cloreto Total * Cobre Dissolvido Cobre Total Crômio Total Demanda Bioquímica de Oxigênio (5,20) * Dureza Ferro Dissolvido Ferro Total Fluoreto * Fósforo Total * Magnésio Manganês Total Mercúrio Total Níquel Total Nitrogênio Amoniacal * Nitrogênio Kjeldahl * Nitrogênio-Nitrato e Nitrogênio-Nitrito * Oxigênio Dissolvido * pH * Potássio Sódio Subst. Tensoat. Reagem c/ Azul Metileno * Sulfato * Zinco Total	Agrotóxicos: • Fungicidas • Herbicidas • Inseticidas • Pesticidas Organoclorados • Pesticidas Organofosforados • Raticidas Alcalinidade Total Arsênio Total Boro Total Caféina Compostos Orgânicos Voláteis (COV) Demanda Química de Oxigênio Fenóis Totais Fosfato Orto Solúvel Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos Microcistinas Óleos e Graxas Potencial de Formação de THM Saxitoxina
Hidrobiológicos	Clorofila a Feofitina a	Comunidade Fitoplanctônica-Cianobactérias Comunidade Zooplânctônica
Microbiológicos	<i>Escherichia coli</i> *	<i>Giardia</i> <i>Cryptosporidium</i>
Ecotoxicológicos	Ensaio ecotoxicológico com microcrustáceo <i>Ceriodaphnia dubia</i>	Ensaio de toxicidade aguda com a bactéria luminescente <i>Vibrio fischeri</i> (Microtox®)
Testes de Mutagenicidade		Ensaio <i>Salmonella</i> /microsoma (Teste de Ames) Teste de micronúcleos <i>in vitro</i>
Bioanalíticos		Atividade estrogênica por BLYES

(*) Parâmetros com frequência bimestral.



COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

Em 2018 foram amostrados 284 corpos hídricos do Estado de São Paulo, distribuídos pelas 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI). Ao todo, 471 locais visitados, totalizando 2.857 amostras e 122.997 análises.

A crescente demanda por novos pontos de monitoramento e a conseqüente elevação no número de análises requeridas para o diagnóstico ambiental, gera uma contrapartida nos custos relacionados às etapas do monitoramento e na necessidade de incremento de recursos humanos. Considerando que esta última variável tem se mantido estável nos últimos anos, justifica-se a necessidade de revisar periodicamente a rede de monitoramento quanto aos seus aspectos operacionais.

2. OBJETIVO

O principal fator, que interfere na demanda de trabalho das redes de monitoramento, é a sua frequência. A rede básica da CETESB adota uma frequência bimestral, isto é, são realizadas 6 amostragens por ano.

Desta forma, o presente estudo tem como objetivo avaliar a possibilidade de reduzir a frequência da rede básica, em todo o Estado de São Paulo, de 6 para 4 vezes por ano, mantendo a representatividade temporal dos dados, sem perder informação relevante sobre a qualidade da água. Portanto, foi desenvolvido um estudo estatístico para subsidiar a análise de sazonalidade, utilizando os dados da rede básica de monitoramento das UGRHIs 5 – Piracicaba, Capivari e Jundiaí e 6 – Alto Tietê.

Informa-se ainda que a CETESB possui um acordo vigente com a ANA – Agência Nacional de Águas, com validade até 2022, com a obrigatoriedade de realizar no mínimo 4 amostragens por ano.



3. METODOLOGIA ESTATÍSTICA UTILIZADA NA ANÁLISE DA SAZONALIDADE

Os trabalhos de Cloern J & Jassby AD (2008) e Colebrook JM, (1979) serviram de base para as análises dos dados dos pontos da rede de monitoramento de recursos hídricos.

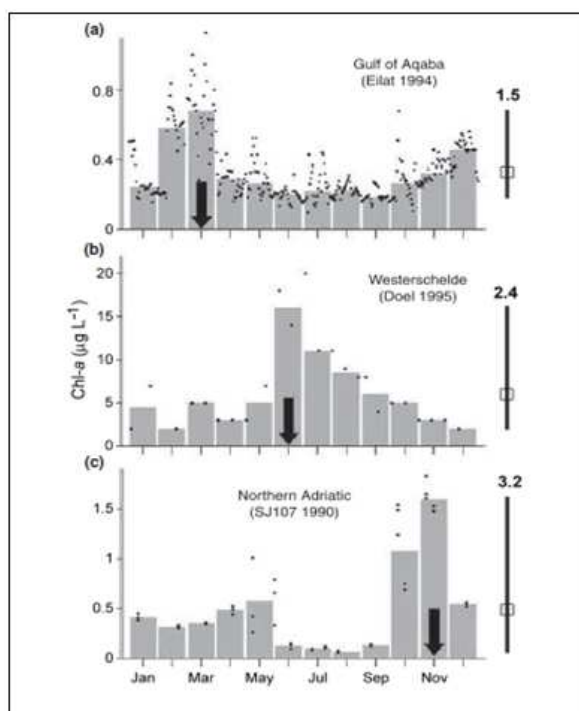
O objetivo é verificar se a mudança da frequência de amostragem de bimestral para trimestral pode ser efetivada sem perda de representatividade das médias e demais estatísticas anuais das variáveis e índices de qualidade utilizados para a avaliação da qualidade dos corpos hídricos.

O pacote estatístico do software R que implementou as técnicas destes trabalhos, utilizado nas análises, foi o WQL (Jassby & Cloern, 2017).

Para cada um dos pontos e parâmetros, aplicou-se a função Phenophase, variando a frequência amostral de duas a seis vezes por ano, isso para todos os anos do estudo.

Na tese de Sotoca ER (2010), tem-se um exemplo de aplicação dessa técnica. A figura 3, extraída dela, ilustra como o resultado da aplicação deve ser usado para definição dos meses de monitoramento dos parâmetros nos pontos, em função da periodicidade determinada.

Figura 3 – Exemplos de padrões sazonais de Clorofila *a* em águas costeiras de: (a) Gulf of Aqaba (Eilat, Israel), (b) Westerschelde (Netherlands) e (c) Northern Adriatic Sea (Croatia). Pontos, dado original; barras, médias mensais; setas, picos mensais; linhas verticais, amplitude anual das médias mensais; quadrados, média anual das médias mensais; números, intervalos normalizados (amplitude dividida pela média). De Cloerr and Jassby (2008) apud Sotoca (2010).



Esse tipo de gráfico possibilita o estabelecimento da rotina de monitoramento do parâmetro no ponto. As setas, apresentadas na figura 3, indicam onde houve um comportamento diferenciado.

O gráfico (a) da figura 3, pela metodologia de (Cloern & Jassby, 2008), indica que, no mínimo, duas amostras no ano evidenciarão o comportamento do parâmetro naquele ponto. A seta no mês de março indica que esse mês deveria ser escolhido, ficando então determinado o segundo ponto que seria coletado em setembro, seis meses depois.

No gráfico (b) da figura 3, o parâmetro neste ponto também apresentou dois comportamentos durante o ano, constante até maio e elevação em junho com quedas sucessivas e graduais até dezembro. O mês de junho obviamente deverá ser amostrado neste ponto, dezembro fica então determinado como o outro mês de coleta.



COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

No gráfico (c) da figura 3, observam-se três padrões distintos, o primeiro que vai de dezembro a maio, o segundo que vai de junho a setembro e por fim os meses de outubro e novembro. Como novembro deverá ser amostrado, os outros meses seriam março e junho.

A tabela 2 a seguir apresenta, como exemplo, a saída do programa para análise da periodicidade de amostragem anual, para um parâmetro determinado, com base nos dados da UGRHI 5 para o período de 1998 a 2018.

Tabela 2 – Resultado do programa para determinação da frequência mínima anual de amostragem.

Periodicidade para o parâmetro 106 nos pontos da UGRHI 5

phenoPhase(s27_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s61_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s89_p106.ts, c(2, 6)) # 4
phenoPhase(s29_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s62_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s172_p106.ts, c(2, 6)) # 4
phenoPhase(s30_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s63_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s173_p106.ts, c(2, 6)) # 4
phenoPhase(s31_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s64_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s274_p106.ts, c(2, 6)) # 4
phenoPhase(s32_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s65_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s275_p106.ts, c(2, 6)) # 4
phenoPhase(s33_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s66_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s276_p106.ts, c(2, 6)) # 4
phenoPhase(s34_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s67_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s277_p106.ts, c(2, 6)) # 4
phenoPhase(s35_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s68_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s278_p106.ts, c(2, 6)) # 4
phenoPhase(s36_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s71_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s320_p106.ts, c(2, 6)) # 4
phenoPhase(s37_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s72_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s336_p106.ts, c(2, 6)) # 4
phenoPhase(s38_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s73_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s337_p106.ts, c(2, 6)) # 4
phenoPhase(s40_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s74_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s338_p106.ts, c(2, 6)) # 4
phenoPhase(s41_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s75_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s339_p106.ts, c(2, 6)) # 4
phenoPhase(s43_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s76_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s341_p106.ts, c(2, 6)) # 4
phenoPhase(s44_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s77_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s371_p106.ts, c(2, 6)) # 4
phenoPhase(s47_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s78_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s372_p106.ts, c(2, 6)) # 4
phenoPhase(s49_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s79_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s601_p106.ts, c(2, 6)) # 4
phenoPhase(s50_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s80_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s602_p106.ts, c(2, 6)) # 4
phenoPhase(s51_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s82_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s603_p106.ts, c(2, 6)) # 4
phenoPhase(s52_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s83_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s604_p106.ts, c(2, 6)) # 4
phenoPhase(s53_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s84_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s606_p106.ts, c(2, 6)) # 4
phenoPhase(s54_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s85_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s627_p106.ts, c(2, 6)) # 4
phenoPhase(s58_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s86_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s719_p106.ts, c(2, 6)) # 4
phenoPhase(s59_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s87_p106.ts, c(2, 6)) # 4	phenoPhase(s1410_p106.ts, c(2, 6)) # 4

#----- fim p106 UGRHI 5 -----

Como podemos observar, para o parâmetro 106 (E. coli), a frequência amostral mínima foi de 4 amostras por ano nos pontos da UGRHI 5. É razoável esperar que a frequência seja característica do parâmetro, pode ocorrer para alguns parâmetros que tenhamos frequências diferentes nos pontos da UGRHI, isso indica que há pontos que apresentam influências externas que alteram o comportamento usual do parâmetro (aquele observado na maioria dos pontos).

Devemos lembrar que cada linha da Tabela 2 contém a análise dos 21 anos pesquisados no estudo. Na tabela 3, são apresentados os resultados da primeira linha da Tabela 2.



COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

Tabela 3 – Resultados da pesquisa para o parâmetro 106 (Ecoli) no ponto 26 da UGRHI 5.

```
> phenoPhase(s27_p106.ts, c(2, 6))
  year max.time fulcrum mean.wt
1 1998      2  3.89  3.92
2 1999      3  3.78  3.86
3 2000      3  3.82  3.88
4 2001      2  3.84  3.83
5 2002      4  3.98  3.98
6 2003      2  3.83  3.85
7 2004      2  3.98  3.99
8 2005      6  4.10  4.10
9 2006      4  4.02  4.11
10 2007      6  4.00  4.01
11 2008      2  3.91  3.80
12 2009      4  3.99  3.96
13 2010      2  3.78  3.79
14 2011      3  3.89  3.90
15 2012      6  4.03  4.01
16 2013      6  4.30  4.26
17 2014      3  3.74  3.83
18 2015      2  4.02  4.00
19 2016      2  3.76  3.80
20 2017      5  4.13  4.14
21 2018     NA   NA   NA
```

O valor #4 inserido ao final da primeira linha da tabela 2 provém do arredondamento da coluna fulcrum da tabela 3, tomando a sua **moda**.



4. RESULTADOS

O programa para análise da periodicidade de amostragem anual foi aplicado para os parâmetros utilizados no cálculo do Índice de Qualidade das Águas – IQA: pH, temperatura, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio nitrato, nitrogênio nitrito, nitrogênio kjeldahl, sólido total, turbidez, fósforo total e *E. coli*; e em todos os pontos de amostragem das UGRHIs 5 – Piracicaba, Capivari e Jundiaí e 6 – Alto Tietê, onde se dispunha de uma série de dados de 21 anos.

As UGRHIs 5 e 6 foram selecionadas, pois concentram o maior número de pontos de amostragem da rede básica da CETESB e apresentam corpos hídricos com elevada variabilidade de qualidade, de acordo com o IQA, possuindo águas com qualidade variando de Péssima a Ótima.

Nas tabelas 4 e 5, são apresentadas, para cada parâmetro, as porcentagens de pontos, que poderiam ter sua frequência reduzida de 6 para 4 amostragens por ano, para as UGRHIs 5 e 6 respectivamente. Para o parâmetro fósforo total, observou-se que, depois de 2011, não foram observados picos nas séries de dados em todos os locais amostrados. Como os valores se mantiveram baixos e regulares, pôde-se assumir que este comportamento será mantido no futuro e, portanto, 4 amostras por ano seriam suficientes para sua avaliação.

Tabela 4 – Porcentagem de pontos com frequência amostral mínima de 4 amostras por ano para UGRHI 5 – Piracicaba, Capivari e Jundiaí.

Parâmetro	Número total de pontos	Número de pontos com frequência mínima de 4 amostras por ano	Porcentagem
pH	74	74	100
Temperatura da Água	73	73	100
E. coli	72	72	100
Turbidez	54	44	81
Nitrogênio Kjeldahl	51	28	55
Nitrogênio-Nitrito	51	41	80
Nitrogênio-Nitrato	51	32	63
Oxigênio Dissolvido	65	57	88
DBO	65	16	25
Sólido Total	43	29	67
Fósforo Total	46	46	100



Tabela 5 – Porcentagem de pontos com frequência amostral mínima de 4 amostras por ano para UGRHI 6 – Alto Tietê.

Parâmetro	Número total de pontos	Número de pontos com frequência mínima de 4 amostras por ano	Porcentagem
pH	42	42	100
Temperatura da Água	42	42	100
E. coli	42	37	88
Turbidez	42	15	36
Nitrogênio Kjeldahl	42	21	50
Nitrogênio-Nitrito	42	42	100
Nitrogênio-Nitrato	42	40	95
Oxigênio Dissolvido	42	20	48
DBO	42	21	50
Sólido Total	42	35	83
Fósforo Total	42	42	100

O cálculo da porcentagem média de pontos, que atenderia a uma frequência mínima de 4 amostras por ano, seria de **78%** para a UGRHI 5 e **77%** para a UGRHI 6.

5. DISCUSSÃO

Para testar o resultado do estudo estatístico, foram utilizados os dados históricos da rede básica de monitoramento dos anos de 2016, 2017 e 2018, que foram medidos 6 vezes por ano, isto é, a frequência foi bimestral.

Desta forma, é possível proceder uma simulação para avaliar as diferenças obtidas nos resultados médios do IQA e nas porcentagens de não conformidades com a Classe 2, confrontando os resultados de 6 e de 4 amostragens por ano.

Na tabela 6, encontram-se as porcentagens de pontos de amostragem da rede básica, que apresentaram classificações anuais diferentes para o IQA, considerando 6 e 4 amostragens por ano, considerando 2016, 2017 e 2018.



COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

Tabela 6 – Porcentagem de pontos de amostragem da rede básica com classificações anuais diferentes considerando 4 amostragens por ano para 2016, 2017 e 2018.

Número de pontos	2016	2017	2018
Médias anuais do IQA com classificação diferente	24	21	14
Total de classificações	449	461	473
Porcentagem de pontos com classificação diferente	5,3%	4,6%	3,0%

Constatou-se que a porcentagem de pontos, que apresentaram classificações anuais diferentes para as simulações de 2016 a 2018, foi inferior a 6%, comprovando que a redução da frequência não irá alterar significativamente as classificações do IQA dos corpos hídricos no Estado de São Paulo.

Na tabela 7, são apresentadas as porcentagens de valores não conformes em relação aos padrões de qualidade da Classe 2 da Resolução CONAMA 357/2005, considerando os dois cenários de 6 e 4 amostragens por ano para 2016, 2017 e 2018.

Tabela 7 - Porcentagem de valores não conformes em relação aos padrões de qualidade da Classe 2 da Resolução CONAMA 357/2005, considerando os dois cenários de 6 e 4 amostragens por ano para 2016, 2017 e 2018.

Parâmetro	Não Conformidades (%)					
	2016		2017		2018	
	6 x por ano	4 x por ano	6 x por ano	4 x por ano	6 x por ano	4 x por ano
DBO	20,5	20,7	22,2	21,6	24,1	24,4
<i>E. coli</i>	61,3	61,8	60,1	61,2	55,9	54,6
Fósforo Total	42,3	43,4	45,1	44,1	46,1	46,3
Oxigênio Dissolvido	27,6	27,1	27,7	26,8	30,8	29,8
Turbidez	7,7	8,8	6,9	7,4	3,5	3,1

Da mesma forma que o IQA, as porcentagens de valores não conformes para os parâmetros demanda bioquímica de oxigênio, *E. coli*, fósforo total, oxigênio dissolvido e turbidez também não registraram diferenças significativas entre os resultados obtidos para 6 e 4 amostragens por ano. As porcentagens foram muito similares.



6. CONCLUSÕES

O estudo estatístico mostrou que, aproximadamente, 80% dos pontos de amostragem das UGRHIs 5 – Piracicaba, Capivari e Jundiá e 6 – Alto Tietê poderiam ter uma redução da frequência: de bimestral (6 vezes por ano) para trimestral (4 vezes por ano), para os parâmetros do IQA, sem que houvesse perda de informação sobre a qualidade das águas dos corpos hídricos monitorados.

Esta hipótese foi confirmada por meio da simulação utilizando os dados da rede básica dos anos de 2016, 2017 e 2018: a comparação dos dois cenários de frequência (bimestral e trimestral) não representou alterações significativas tanto no cálculo das médias anuais do IQA quanto nas porcentagens de não conformidades para os parâmetros demanda bioquímica de oxigênio, *E. coli*, fósforo total, oxigênio dissolvido e turbidez.

Os estudos desenvolvidos concluíram que a redução da frequência da rede básica de bimestral (6 vezes por ano) para trimestral (4 vezes por ano) manteve a representatividade temporal dos dados, sem perda de informação sobre a qualidade da água. O estudo estatístico foi realizado com os dados das UGRHIs 5 e 6, mas as validações, utilizando o IQA e as não conformidades, consideraram os dados de toda a rede. Portanto, a adoção da frequência trimestral na rede básica, em 2020, permitirá uma melhor avaliação da abrangência espacial, mantendo um maior número de corpos hídricos monitorados no Estado de São Paulo. Informa-se ainda que o programa Novo Pinheiros, com objetivos específicos, não terá a sua frequência alterada.

Nos próximos anos, serão desenvolvidos novos estudos, por esse grupo de trabalho, com vistas a otimizar pontos de amostragem e parâmetros de qualidade da rede básica de qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da



COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

União: República Federativa do Brasil: seção 1, Brasília, DF, ano 142, n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2005.

Cloern J & Jassby AD (2008) Complex seasonal patterns of primary produces of the land-sea interface, *Ecology Letters*, 11: 1294-1303.

Colebrook JM, (1979) Continuous Plankton records: seasonal cycles of phytoplankton and copepods in the North Atlantic Ocean and North Sea. *Marine Biology*, 51: 23-32.

Hirsch RM, Slack JR, Smith RA (1982) Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resources Research* 18, 107-121.

Jassby AD and Cloern JE (2017). wql: Some tools for exploring water quality monitoring data. R package version 0.4.9. <https://cran.r-project.org/package=wql>.

R Development Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2011. URL <http://www.R-project.org>. ISBN 3-900051-07-0.

Sotoca ER (2010) Sources of plankton variability in an urbanized coastal ecosystem. Universitat Politecnica de Catalunya, Tese de doutorado, 246p.

Strobl, RO and Robillard, PD. (2008) Network Design for Water Quality Monitoring of Surface Freshwaters: A Review. *Journal of Environmental Management* 87 (4): 639–48.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Water Sanitation Health, (2012) Disponível em http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/burden/en/index.html