



CETESB
Governador do Estado de São Paulo
Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental

NOTA TÉCNICA

Nº do Processo: 385.00000412/2024-67

Interessado: DEP DE QUALIDADE AMB

Assunto: Substituição da DBO pelo COT na Rede Básica de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais

Nota Técnica: Relação entre Carbono Orgânico Total e Demanda Bioquímica de Oxigênio na Avaliação da Qualidade das Águas dos Corpos Hídricos do Estado de São Paulo.

1. INTRODUÇÃO

Esta nota técnica objetiva consolidar o conhecimento, os estudos e a experiência prática da CETESB ao longo de 15 anos de comparação entre os parâmetros Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Carbono Orgânico Total (COT), com vistas à substituição da DBO para a avaliação da matéria orgânica carbonada nas águas superficiais dos corpos hídricos.

Em 2008, a CETESB iniciou a realização de ensaios de COT em 90 pontos de monitoramento e, em 2011 ampliou para toda a sua rede básica. Essa decisão tomou como base um grande esforço analítico comparativo entre DBO e COT, justificada pelas vantagens e desvantagens de cada método em diferentes quesitos.

Em 2019, foi realizado um estudo estatístico, com vistas a estabelecer uma relação funcional entre a DBO e o COT, de forma que fosse possível estimar a DBO a partir do resultado do COT com um nível de segurança aceitável. Foi utilizado um universo de aproximadamente 13.000 amostras, coletadas pela CETESB em corpos hídricos de todas as bacias hidrográficas do Estado de São Paulo entre os anos 2014 e 2019.

2. SOBRE A MATÉRIA ORGÂNICA CARBONADA EM CORPOS HÍDRICOS

Em um corpo hídrico, as fontes de matéria orgânica carbonada podem ser alóctones, ou seja, originadas de fora do sistema, através da contribuição difusa (escoamento superficial), e pela ação antrópica direta, através de despejos pontuais de poluentes. Além das fontes alóctones, a produção de matéria orgânica pela biota aquática pode contribuir internamente como fonte de matéria orgânica, neste caso, autóctones. Decomposição de algas, peixes e invertebrados constituem fontes autóctones.

De acordo com Zumstein e Buffle (1989), a matéria orgânica natural pode ser dividida em duas grandes categorias: matéria orgânica lábil (ainda passível de degradação) e matéria orgânica refratária (compostos estáveis). A matéria orgânica refratária pode ser dividida ainda em duas classes, diferenciando-se pela estrutura química: matéria orgânica refratária pedogênica (caracteriza-se pela estrutura química com um grupo funcional aromático, com origem geralmente no solo) e matéria orgânica refratária aquagênica (caracteriza-se pela estrutura química com

uma cadeia alifática, com origem da biota aquática).

No ecossistema aquático, a matéria orgânica está presente como parte da cadeia alimentar, no processo de ciclagem de nutrientes e, em termos de carbono, pode ser encontrada nas formas dissolvida, particulada, nos sedimentos e na biota aquática. No entanto, o excesso de matéria orgânica em rios de região urbana via fonte alóctone, ou seja, efluentes e escoamento superficial, pode ocasionar uma significativa depleção na concentração de oxigênio dissolvido, além de influenciar a estrutura das comunidades aquáticas e em outras características, como pH, alcalinidade e luminosidade (Werterhoff e Anning, 2000).

A remoção da matéria orgânica da coluna d'água pode ocorrer através de decomposição microbiana, sedimentação, adsorção e absorção pela flora bentônica. Ainda, é de especial interesse as interações entre os compostos orgânicos presentes na água e outras substâncias, que podem influenciar todo o ecossistema aquático. A matéria orgânica pode sofrer alterações e originar diferentes compostos orgânicos e interferir na disponibilidade de nutrientes, na solubilidade e toxicidade de contaminantes, ou ainda, por meio de ácidos orgânicos, pode alterar a acidez de águas naturais (Bowie et al., 1985).

Conforme identificado por Thomas e Theraulaz (2007), a fração biodegradável da matéria orgânica pode ser determinada tanto por meio de ensaios de DBO, DQO e COT, como pela espectroscopia de ultravioleta visível. Alguns compostos, como por exemplo, as substâncias húmicas, não são determinadas pelo ensaio de DBO, mas podem ser contabilizadas pelas análises de DQO ou COT. Dessa forma, o uso conjunto desses ensaios pode proporcionar um melhor entendimento em termos quantitativos e qualitativos sobre o conteúdo orgânico, suas origens e, conseqüentemente, a forma como será degradada no ecossistema aquático. Um esquema sobre diferentes compostos e respectivos ensaios é apresentado na Figura 1.

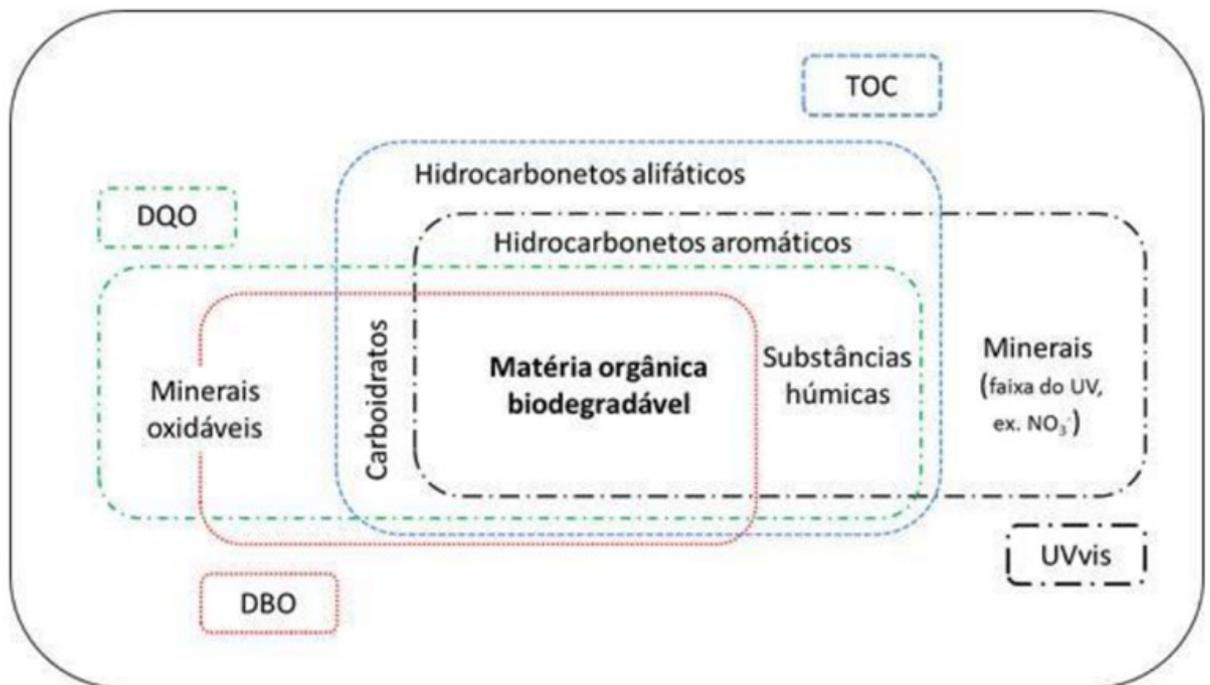


Figura 1: Comparação entre a abrangência de análises em diferentes compostos. Fonte: Adaptado de Thomas e Theraulaz (2007)

A quantidade de oxigênio dissolvido na água necessária para a decomposição bioquímica da matéria orgânica, por meio do metabolismo de microrganismos aquáticos (geralmente bactérias), é chamada de demanda bioquímica de oxigênio. A "estimativa indireta" através do oxigênio consumido surgiu para contornar a complexidade da determinação da matéria orgânica presente nos efluentes líquidos e corpos d'água (Bowie et al., 1985). A DQO é definida como a quantidade de um forte oxidante que reage com uma amostra sob condições específicas. A quantidade de oxidante consumido é expressa em termos de oxigênio equivalente. Devido ao seu forte potencial oxidativo, facilidade de manipulação e sua aplicabilidade para uma grande variedade de amostras,

o íon dicromato é geralmente utilizado como o agente oxidante nos métodos de determinação de DQO (APHA, 2017).

A análise dos parâmetros DBO e DQO, cujas informações sobre quantidade e biodegradabilidade da matéria orgânica em efluentes e corpos d'água são amplamente utilizadas, refletem, de uma maneira indireta, o efeito do carbono em termos de consumo de oxigênio. Essa abordagem, embora importante, pode não ser conclusiva sobre os reais efeitos da poluição orgânica e sua interferência no ecossistema aquático em bacias com significativa degradação da qualidade da água cujos rios principais têm, na assimilação de esgotos, seu uso preponderante. O uso do COT surgiu da observação de que a matéria orgânica presente na água e em efluentes é composta de vários materiais em diferentes níveis de oxidação, e em determinados ensaios, como a DBO, não é possível mensurar todas as frações da matéria orgânica que contém carbono, no caso só a fração biodegradável.

O COT é um ensaio químico que visa a medida da quantidade de matéria orgânica carbonada contida numa amostra de água e outras matrizes ambientais. As técnicas analíticas adotadas na CETESB para COT são: Método de Oxidação com Persulfato sob Aquecimento e Método de Combustão com Detecção Infravermelho (Métodos 5310-B e 5310-C, respectivamente) conforme "Standard Methods for Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th edition 2023". Esses ensaios são acreditados pela CGCRE/Inmetro conforme requisitos estabelecidos na norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017.

O COT é um dos ensaios utilizados para a determinação global da poluição orgânica em água e efluentes, cuja determinação foi proposta na década de 70 em virtude das incertezas e dificuldades dos procedimentos dos ensaios de DBO (Thomas et al., 1999). A análise de COT fornece a concentração de carbono orgânico em uma amostra de água natural ou efluente líquido, mas existem situações que exigem um maior conhecimento sobre as fontes e as características da matéria orgânica. Um exemplo é que amostras com uma mesma concentração de matéria orgânica, dada pelo COT, podem apresentar características completamente distintas umas das outras, principalmente, para diferentes tipos de efluentes industriais, tais como efluentes das indústrias petroquímica e de papel e celulose.

3. DESENVOLVIMENTO DOS ESTUDOS

A quantificação da matéria orgânica na rede básica de monitoramento da qualidade das águas dos rios e reservatórios do Estado de São Paulo iniciou sua operação no ano de 1974. Os parâmetros utilizados para avaliação da matéria orgânica, àquela época, foram a DBO e DQO. Importante ressaltar que o parâmetro DBO tem sido utilizado na rede básica da CETESB para o cálculo do Índice de Qualidade das Águas – IQA.

A partir de 2008, foi incluído o ensaio de COT em 90 pontos de amostragem da rede básica da CETESB. Após três anos, este ensaio foi estendido para todos os pontos de amostragem da rede básica. Este aperfeiçoamento da rede básica teve a finalidade de introduzir um ensaio mais robusto para medição de matéria orgânica em amostras ambientais. Diferente da DBO, o ensaio de COT consiste na medição direta da matéria orgânica e, portanto, está livre de interferentes, tais como peróxidos, metais e substâncias reduzidas e substâncias tóxicas aos microrganismos presentes em amostras ambientais.

Os dados compilados para os ensaios de COT e DBO, em corpos de água do Estado de São Paulo, entre 2014 e 2019, serviram de base para a realização de estudo estatístico da relação funcional entre os dois parâmetros. No total foram utilizados 392 pontos de amostragem, cujos dados de COT e DBO foram provenientes das coletas bimestrais realizadas no monitoramento da rede básica da CETESB.

O estudo é parte constante deste processo (Estudo Técnico Preliminar Estudo Estatístico (0023579742)) e está disponível no site da CETESB, no seguinte endereço eletrônico: [Publicações e Relatórios – Águas Interiores » Águas Interiores \(cetesb.sp.gov.br\)](https://publicacoes.cetesb.sp.gov.br) desde 2020.

3.1. Metodologia

Neste item, é apresentada uma comparação entre os ensaios de COT e DBO, mostrando as vantagens do ensaio de COT em relação ao de DBO, aspecto laboratorial e de interpretação de uma amostra ambiental. Também é apresentada a metodologia estatística simplificada no desenvolvimento da relação funcional entre os parâmetros DBO e COT para os corpos de água do Estado de São Paulo.

3.1.1. Vantagens e Desvantagens de cada metodologia

A conveniência da substituição do ensaio da DBO pelo COT deve-se a diversos fatores. Inicialmente, pode-se destacar a robustez dos métodos, ou seja, a capacidade de cada um deles em manter resultados com exatidão frente a situações adversas na rotina analítica.

A DBO é um bioensaio que depende da ação de microrganismos, sendo bastante sensível às modificações nas condições padrão do método, tais como temperatura, luminosidade e, sobretudo, à presença de substâncias citotóxicas na amostra.

Já, a determinação de COT ocorre por processos instrumentais de oxidação da matéria orgânica e quantificação por sistemas de quantificação avançados e processos tecnológicos, que permitem total controle das condições do ensaio.

Para destacar as potencialidades do ensaio COT, alguns fatores relevantes obtidos no Laboratório de Química Orgânica da CETESB, por meio do Método de Combustão com Detecção Infravermelho, são apresentados a seguir:

- a) O tempo de análise do ensaio de COT é de aproximadamente 30 minutos, enquanto o ensaio de DBO é de 5 dias;
- b) o prazo de validade da amostra para o ensaio de COT é de 7 dias, enquanto a DBO possui um prazo restrito a 48 horas;
- c) A incerteza de medição expandida (U) dos ensaios de COT e DBO é, respectivamente, 1,6% e 10,6%;
- d) A exatidão do método obtida pelos níveis de recuperação (R) é da ordem de 98% e 86%, respectivamente, para COT e DBO; e
- e) A exatidão do método é da ordem de ordem de 3% e 7%, respectivamente, para COT e DBO.

Na Tabela 1, é apresentado um quadro resumo, comparando os métodos de análise da DBO e do COT.

Tabela 1: Vantagens e desvantagens dos ensaios de DBO e COT.

DBO		COT	
Demanda de equipamento menos elaborado (análise tradicional)	Vantagem	Demanda equipamento mais elaborado (US\$ 50.000,00)	Desvantagem
Simula o que acontece biologicamente no corpo hídrico	Vantagem	Método químico de medição	Vantagem
Tem padrão legal	Vantagem	Não tem padrão legal	Desvantagem
Medida indireta de quantidade de Matéria Orgânica	Desvantagem	Medida direta da quantidade de Matéria Orgânica	Vantagem
Baixa exatidão e elevada incerteza de medição analítica	Desvantagem	Maior exatidão e menor incerteza	Vantagem
Demora 5 dias para obtenção do resultado	Desvantagem	Baixa demanda de HH	Vantagem

Geração de resíduos tóxicos (Cr ⁶⁺ , Ag ⁺ , Hg) – necessidade de realização de DQO para estimativa de diluições	Desvantagem	Não gera resíduos tóxicos	Vantagem
---	-------------	---------------------------	----------

3.1.2. Modelo Estatístico

Para utilizar o COT como nova ferramenta para avaliar a concentração de matéria orgânica nos corpos de água paulistas, a CETESB realizou uma modelagem estatística de correlação entre as variáveis DBO e COT por meio do uso de seu banco de dados histórico, para o período compreendido entre 2014 e 2019, com um número total de registros superior a 13.000 dados (Estudo Técnico Preliminar Estudo Estatístico (0023579742))

Neste estudo estatístico, buscou-se determinar qual é a relação funcional que descreve o comportamento do parâmetro DBO em função do COT. Dentre as várias famílias de funções testadas, aquela que apresentou melhor ajuste para o comportamento observado da DBO em função do COT é representada pela equação exponencial:

$$DBO = \beta * COT^\lambda$$

onde,

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio;

COT: Carbono Orgânico Total; e

B e λ : parâmetros da equação exponencial.

Na Figura 2, é apresentado o resultado do modelo ajustado para todos os pontos de amostragem, incluindo todas as bacias hidrográficas.

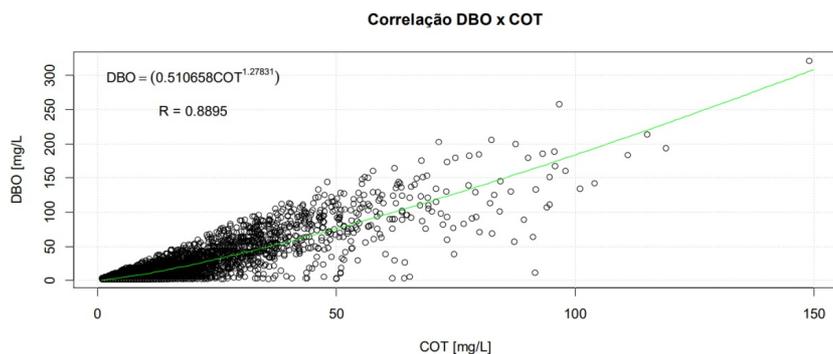


Figura 2: Modelo ajustado para previsão de DBO em função de COT no Estado de São Paulo.

FONTE: Estudo Técnico Preliminar Estudo Estatístico (0023579742)

Este estudo foi desenvolvido na CETESB pelo Estatístico Antonio de Castro Bruni (PhD), CONRE 6363/A – 3ª Região, e teve como principais conclusões:

- o modelo ajustado é aplicável a todas as bacias hidrográficas do Estado de São Paulo, tendo os seguintes valores para os parâmetros $\beta = 0,510658$ e $\lambda = 1,27831$;
- o coeficiente de explicação (R) ficou em 88,95%;
- a condição de contorno para aplicação do modelo é que a concentração de COT seja menor do que 150 mg/L; e
- esse modelo não é aplicável para amostras provenientes de lançamento de fontes industriais.

No Anexo 1, encontra-se uma cópia do Estudo estatístico da relação funcional entre os parâmetros DBO e COT em corpos d'água do Estado de São Paulo, desenvolvido pela CETESB em 2019 (Estudo Técnico Preliminar Estudo Estatístico (0023579742)).

3.2. Experiência empírica e prática

O modelo estatístico de correlação das variáveis DBO e

COT permitiu a substituição da DBO pelo COT em duas aplicações práticas dentro das atividades desenvolvidas pela CETESB: a) na rede básica de monitoramento da qualidade das águas interiores; e b) na avaliação da qualidade das águas do Programa Novo Pinheiros.

3.2.1. Rede básica de monitoramento da qualidade das águas interiores

O estudo estatístico apresentou uma correlação forte (>70%) para o modelo de correlação desenvolvido para as variáveis DBO e COT. Desta forma, foi possível utilizar o modelo estatístico para estabelecer uma equivalência dos padrões de qualidade da DBO presentes na Resolução Conama 357/2005, para as Classes 1, 2 e 3, de 3, 5 e 10 mg/L, para o COT, cujos respectivos padrões de qualidade propostos seriam 4, 6 e 10 mg/L. Além disso, o valor de referência de 30 mg/L de DBO, utilizado em programas de recuperação da qualidade de corpo hídrico no Estado de São Paulo, equivaleria a um COT de 25 mg/L, podendo inclusive esses valores fazerem parte da lista de padrões de qualidade da classe 4.

A partir destas equivalências, foram realizadas duas simulações com os dados da rede básica da CETESB, obtidos entre 2011 e 2019, considerando 215 pontos de amostragem, com resultados bimestrais, fornecendo um tamanho de amostra superior a 11.000 dados.

Simulação da porcentagem de atendimento aos padrões de qualidade

Na Tabela 2, são apresentadas as porcentagens de valores de DBO e COT, que atenderam aos padrões de qualidade da Resolução Conama 357/2005. No caso do COT, foram utilizados os padrões de qualidade propostos.

Tabela 2 – Atendimento aos padrões de qualidade - Resolução CONAMA 357/2005.

Classe CONAMA n° 357/2005	DBO (mg L ⁻¹)		COT estimado (mg L ⁻¹)	
	Padrão de Qualidade (PQ)	% de Valores de DBO < PQ	Padrão de Qualidade Proposto (PQP)	% de valores de COT < PQP
1	3	58,2	4	35,5
2	5	75	6	59,9
3	10	85	10	81,5
4*	30**	93,5	25	94,3

* não existe previsão de padrão de DBO para classe 4; e

** valor de referência em projetos de despoluição.

Considerando todas as 11 mil medições da rede básica para os parâmetros DBO e COT, verificou-se que a porcentagem de valores, que atendeu aos padrões de qualidade da Classe 1, não indicou uma boa correspondência: enquanto a DBO apresentou 58% de valores que atenderam ao padrão da Classe 1, o COT apresentou 36%.

Quando se consideram os padrões da Classe 3, existe uma correspondência muito elevada entre os dois ensaios: 85% dos valores de DBO atenderam ao padrão da classe 3 e 82% dos valores de COT atenderam ao padrão de qualidade proposto para classe 3.

Simulação da aderência dos parâmetros DBO e COT em relação ao Oxigênio Dissolvido

Noutra simulação, trabalhou-se com o impacto que a matéria orgânica causa no corpo hídrico, consumindo o Oxigênio Dissolvido (OD). Na Resolução CONAMA 357/2005, existe para cada classe, um padrão de qualidade de DBO e um, equivalente para o parâmetro OD. Desta forma, foi possível simular dentro das amostras que atenderam aos padrões de qualidade de DBO e COT, as respectivas porcentagens de atendimento aos padrões de qualidade do OD para as classes de qualidade da Resolução CONAMA 357/2005. Nas Tabelas 3 e 4, são realizadas comparações entre a aderência do DBO e do COT ao OD,

respectivamente.

Tabela 3 - Comparação da aderência do uso dos parâmetros DBO em relação ao OD.

Padrões Qualidade PQ	DBO		OD	
	Limite (mg/L)	N.º de amostras atendem PQ	OD	Porcentagem das amostras que atenderam ao PQ da DBO, que atendem ao PQ do OD
Classe 1	< 3	6762	> 6	72
Classe 2	< 5	8699	> 5	83
Classe 3	< 10	9861	> 4	88
Referência Classe 4	< 30	10852	> 2	94

Tabela 4 - Comparação da aderência do uso dos parâmetros COT em relação ao OD.

Padrões Qualidade PQ	COT		OD	
	Limite (mg/L)	N.º de amostras atendem PQ	OD	Porcentagem das amostras que atenderam ao PQQ do COT, que atendem ao PQ do OD
Classe 1	< 4	4115	> 6	82
Classe 2	< 5	6957	> 5	86
Classe 3	< 10	9463	> 4	88
Referência Classe 4	< 25	10942	> 2	94

A análise dos dados das Tabelas 3 e 4 mostraram que o OD respondeu melhor aos padrões de qualidade propostos para o COT do que para a DBO, principalmente, para a classes 1, onde 82% das 4.115 medições de COT, que atenderam ao padrão de qualidade proposto de 4 mg/L, também atenderam ao padrão de qualidade de 6 mg/L do OD, enquanto 72% das 6.762 medições de DBO, que atenderam ao padrão de qualidade de 3 mg/L, também atenderam ao mesmo padrão de qualidade de 6 mg/L do OD. Esta análise reforça que, para baixas concentrações de matéria orgânica carbonada, a resposta do COT foi melhor do que a da DBO, para proteção da vida aquática, uma vez que das amostras que atenderam aos padrões de qualidade do COT e da DBO para a classe 1, o COT teve uma porcentagem de resposta do OD 10% superior à DBO.

As duas simulações anteriores endossaram o estudo estatístico e direcionaram a CETESB, no Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo 2021, a promover a substituição da variável DBO pela variável Carbono Orgânico Total. Desde 2020, a matéria orgânica na rede básica de monitoramento está sendo quantificada por meio do COT. Desta forma, para o cálculo do Índice de Qualidade das Águas - IQA e das porcentagens de não conformidade, que dependiam do resultado da DBO, vem sendo utilizada a “DBO estimada”, a partir dos resultados obtidos para o Carbono Orgânico Total, valendo-se da relação descrita no estudo estatístico publicado no site da CETESB.

3.2.2. Programa Novo Pinheiros

Outro exemplo bem-sucedido do uso do COT para avaliação da matéria orgânica nos corpos hídricos ocorreu no acompanhamento do Programa Novo Pinheiros.

Este programa contou com investimentos robustos na ampliação da coleta e tratamento de esgotos domésticos na bacia hidrográfica do Rio Pinheiros. Entre 2020 e 2022, foram realizadas aproximadamente 700 mil novas ligações de economias na rede coletora, além da implantação de 5 novas Unidades Recuperadoras de água de corpo hídrico: Jaguaré, Pirajussara, Água Espraiada, Tônico e Cachoeira.

Neste período, a CETESB monitorou a qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Pinheiros com frequência trimestral. Ao longo de seus 25 km de extensão, foram realizadas medições em 17 afluentes, a céu aberto, e mais quatro pontos de amostragem situados na calha do Rio Pinheiros. A área de drenagem dos 17 afluentes monitorados do Rio

Pinheiros somou 75% da área da bacia hidrográfica, indicando um retrato fidedigno das principais contribuições geradas em sua bacia hidrográfica. A CETESB utilizou os parâmetros Carbono Orgânico Total e Oxigênio Dissolvido.

No Tabela 5, são apresentadas as médias anuais de Carbono Orgânico Total dos 17 afluentes do Pinheiros, ponderadas pelas respectivas áreas de drenagem, para o período compreendido entre 2020 e 2023.

Tabela 5: Resultados de COT nos afluentes do Pinheiros – 2020 a 2023.

Ano	Média Anual COT ponderada pela área (mg/L)
2020	31,0
2021	28,1
2022	26,3
2023	18,7

No período avaliado, constatou-se uma diminuição gradativa e consistente da concentração média de COT nas águas dos 17 córregos que afluem à calha do Rio Pinheiros, comprovando que o COT respondeu como sendo um bom indicador da redução da carga orgânica nos corpos hídricos.

4. CONCLUSÃO

Os resultados do estudo estatístico são empíricos e basearam-se num banco de dados superior a 13.000 medições, abrangendo quase uma década de monitoramento, considerando variações sazonais e temporais e operacionais do monitoramento.

O coeficiente de explicação da relação empírica entre COT e DBO foi superior a 0,7, valor suficientemente forte para indicar uma boa resposta do modelo estatístico. Conseqüentemente, o COT pode ser usado como substituto à DBO para estimar a matéria orgânica carbonada dos corpos hídricos paulistas, para faixa de valores de COT, preferencialmente, inferiores a 150 mg/L.

Este estudo permitirá utilizar esta relação para propor padrões de qualidade para o COT, como uma opção legal adicional para avaliar a matéria orgânica nos corpos hídricos de água doce superficiais. Utilizando a equação de correlação, ter-se-ia uma equivalência entre os padrões de qualidade da DBO e o COT, conforme resumido no quadro 1 a seguir:

Quadro 1: Resumo da equivalência entre DBO e COT por classe de uso da água, segundo equação de correlação.

Classe da Resolução CONAMA 357/2005	Padrão de Qualidade - DBO (mg/L)	Padrão de Qualidade Proposto - COT (mg/L)
Classe 1	3	4
Classe 2	5	6
Classe 3	10	10
Classe 4 *	Proposta de 30 **	25

*não existe padrão de qualidade para DBO na classe 4 da Resolução CONAMA 357/2005;

**valor de referência em projetos de despoluição

O valor de referência da DBO de 30 mg/L, proposto nos projetos para recuperação da qualidade das águas dos corpos hídricos, poderia ser incluído na lista de padrões de qualidade da classe 4, de forma a aumentar o controle da qualidade das águas dos corpos hídricos enquadrados nesta classe de qualidade.

Nas simulações realizadas, os dados de COT, DBO e OD da rede básica foram comparados com os padrões de qualidade existentes e propostos e mostraram que, para baixas concentrações de matéria orgânica, o COT teve uma melhor resposta para a proteção da vida aquática do que a DBO.

Além disso, o COT mostrou-se mais estável e com maior potencial para monitoramento contínuo e, portanto, mais indicado, como ensaio para avaliação da matéria orgânica carbonada, na gestão dos recursos hídricos paulistas. No caso específico de bacias hidrográficas urbanizadas e com déficit em saneamento, o COT mostrou ser um ensaio mais rápido e ter boa precisão e exatidão, favorecendo as tomadas de decisões em menor intervalo de tempo.

Sendo assim, considerando os resultados do estudo estatístico desenvolvido e das simulações empíricas realizadas com os dados históricos, a CETESB teve segurança para consolidar o uso do COT na rede básica de monitoramento de qualidade das águas interiores a partir de 2020, com o parâmetro referência para avaliar a matéria orgânica nos corpos hídricos.

Ainda neste sentido, **conclui-se que a relação funcional entre COT e DBO pode ser utilizada para estimar o valor de referência da DBO em programas de recuperação da qualidade das águas dos corpos hídricos: o valor de referência de 30 mg/L equivale a um valor de COT de 25 mg/L, cuja aplicação tem sido utilizada em programas no Estado de São Paulo como, Córrego Limpo e Novo Pinheiros.**

5. RECOMENDAÇÕES

Este estudo mostrou vantagens no uso do COT em substituição ao DBO para avaliação da matéria orgânica carbonada nos corpos hídricos, de forma que a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básica - ANA poderia ser envolvida nesta discussão, com a finalidade de validar essa proposta a nível federal e compartilhar com as demais unidades da federação.

O estudo mostrou-se bastante promissor, de forma que seria recomendável também desenvolver uma relação semelhante para os efluentes sanitários, uma vez que eles possuem características uniformes, permitido estabelecer uma relação funcional entre a DBO e o COT para os efluentes sanitários.

6. ANEXO

Estudo Técnico Preliminar Estudo Estatístico (0023579742)

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (23rd ed.). Washington DC: American Public Health Association.

APHA (2023). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (23rd ed.). Washington DC: American Public Health Association.

BOWIE, G. L.; MILLS, W. B. ; PORCELLA, D. B. ; CAMPBELL, C. L. ; PAGENKOPF, J. R. ; RUPP, G. L. ; JOHNSON, K. M. ; CHAN, P. W. H. ; GHERINI, S. A. (1985). "Rates, Constants, and Kinetics Formulations in Surface Water Quality Modeling." 2. ed. Athens: United States Environmental Protection Agency, 1985. 455 p.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. 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] República Federativa do Brasil*, Brasília, 18 mar. 2005.

THOMAS, O.; THERAULAZ, F. Agregate organic constituents. In: THOMAS, O.; BURGESS, C. UV-visible spectrophotometry of water and wastewater. Amsterdam: Elsevier, 2007. cap. 4, p. 89-113. (Techniques and Instrumentation in Analytical Chemistry, 27).

WESTERHOFF, P.; ANNING, D. "Concentrations and

characteristics of organic carbon in surface water in Arizona: influence of urbanization". Journal of hydrology, v. 236, p. 202-222, 2000.

ZUMSTEIN, J., BUFFLE, J. (1989) Circulation of pedogenic and aquagenic organic matter in an eutrophic lake. Water Research, 23. 229-239

São Paulo, na data da assinatura digital.

BEATRIZ DURAZZO RUIZ

Gerente do Setor de Águas Interiores
Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental

FABIO NETTO MORENO

Gerente da Divisão de Qualidade das Águas e do Solo
Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental

GILSON ALVES QUINÁGLIA

Assessor
Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental

NELSON MENEGON JUNIOR

Assistente Executivo
Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental

ROBERTO DE OLIVEIRA XAVIER

Assessor
Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental

JOSÉ EDUARDO BEVILACQUA

Assistente Executivo
Diretoria de Avaliação de Impacto Ambiental

CAROLINA FIORILLO MARIANI

Diretora
Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental



Documento assinado eletronicamente por **BEATRIZ DURAZZO RUIZ, Gerente de Setor**, em 03/04/2024, às 09:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no [Decreto Estadual nº 67.641, de 10 de abril de 2023](#).



Documento assinado eletronicamente por **FABIO NETTO MORENO, Gerente de Divisão**, em 03/04/2024, às 09:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no [Decreto Estadual nº 67.641, de 10 de abril de 2023](#).



Documento assinado eletronicamente por **JOSE EDUARDO BEVILACQUA, Assessor**, em 03/04/2024, às 12:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no [Decreto Estadual nº 67.641, de 10 de abril de 2023](#).



Documento assinado eletronicamente por **Nelson Menegon Júnior, Assessor**, em 03/04/2024, às 15:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no [Decreto Estadual nº 67.641, de 10 de abril de 2023](#).



Documento assinado eletronicamente por **Gilson Alves Quinaglia, Assessor**, em 03/04/2024, às 15:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no [Decreto Estadual nº 67.641, de 10 de abril de 2023](#).



Documento assinado eletronicamente por **Roberto Xavier de Oliveira, Assessor**, em 03/04/2024, às 15:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no [Decreto Estadual nº 67.641, de 10 de abril de 2023](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carolina Fiorillo Mariani, Diretor**, em 03/04/2024, às 16:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no [Decreto Estadual nº 67.641, de 10 de abril de 2023](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.sp.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0023863330** e o código CRC **716652DB**.
