

Avaliação das águas do Rio Pitangui através da aplicação de índices de qualidade

Evaluation of water from the Pitangui River by quality indexes

Elizabeth Weinhardt de Oliveira Scheffer

Ariane Caroline Ribicki

Adriano Gonçalves Viana

Universidade Estadual de Ponta Grossa

Resumo: A caracterização das águas do rio Pitangui foi realizada através de parâmetros físico-químicos e biológicos, visando relacionar a ocupação de sua bacia e a qualidade de suas águas. Para tanto, amostras de água superficial foram coletadas ao longo do rio durante 12 meses. Após as análises foram aplicados os Índices de Qualidade IQA_B e IQA_{PVA} , que, apesar do caráter subjetivo, permitem divulgar de maneira simplificada os resultados experimentais obtidos. No caso do rio Pitangui, o IQA_B , associado à potabilidade mostrou qualidade razoável da água, entretanto, o valor obtido para IQA_{PVA} indicou qualidade baixa com risco para a vida aquática.

Palavras-chave: Rio Pitangui. Parâmetros aquáticos. Índices de qualidade.

Abstract: The relationship between water quality and the watershed occupation in the Pitangui River was investigated by physical-chemical and biological parameters. For this, samples of freshwater were collected for 12 months. After the analysis the quality indexes IQA_B and IQA_{PVA} were applied. Even though these indexes have a subjective nature, they allow us to publish the experimental results on a simplified way. The IQA_B , which is associated with the water potability, showed an acceptable quality, however, the value obtained for IQA_{PVA} indicated low quality and risk to aquatic life.

Keywords: Pitangui River. Aquatic parameters. Quality indexes.

1. INTRODUÇÃO

Todos os sistemas aquáticos continentais estão submetidos a um conjunto de impactos resultantes de atividades humanas e dos usos múltiplos das bacias hidrográficas que abrigam lagos, rios, represas, etc. Essa multiplicidade de usos vem acompanhada por um aumento da necessidade de água para atingir níveis de sustentação compatíveis com as pressões da sociedade de consumo, da produção industrial e agrícola. (TUNDISI; TUNDISI, 2008).

Há impactos naturais, provenientes dos mecanismos de funcionamento dos ecossistemas e das bacias hidrográficas, que até certo ponto são absorvidos e minimizados pela própria natureza. Entretanto, a expansão espontânea da urbanização tem gerado uma inevitável degradação dos recursos hídricos por ação antrópica, restringindo a qualidade da água bruta e pondo em risco os cenários futuros de abastecimento.

As águas superficiais doces são importantes não apenas como fonte principal de água potável, mas também como habitat para a vida vegetal e animal que ali existe, oferecendo também possibilidade de recreação e transporte. A água pode ser facilmente manipulada e transformada pela ação humana, podendo haver interferência não apenas em sua composição natural, mas em seu curso e vazão. (RODRIGUES et al., 2006). Todas as atividades impactantes são refletidas direta ou indiretamente na qualidade da água, razão pela qual o monitoramento de variáveis bióticas e abióticas pode ser utilizado como eficiente ferramenta para se avaliar a extensão e a magnitude de cada atividade antrópica poluidora. (BRAGA, 2008).

Quando utilizamos o termo “qualidade de água” é necessário compreender que ele não se refere, necessariamente, a um

estado de pureza, mas simplesmente às características químicas, físicas e biológicas e que, conforme essas características, ela estará adequada para diferentes finalidades. (RODRIGUES; PISSARRA, 2006). A política normativa nacional de uso da água, como consta na Resolução nº 357/05 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), procurou estabelecer parâmetros que definem limites aceitáveis de elementos estranhos, considerando seus diferentes usos, e para isso, as águas doces, como rios e lagos, foram subdivididas em cinco classes. O rio Pitangui, objeto de nosso estudo, é classificado como rio classe 2, cujas águas podem ser empregadas para o abastecimento doméstico após tratamento convencional e que, assim como as águas classe 1, podem ser usadas para recreação, aquicultura e irrigação. Entretanto, nesse último caso, não estão incluídas frutas e verduras irrigadas consumidas cruas.

Portanto, o conceito de “qualidade da água” não está apenas associado à potabilidade; ele é mais amplo e está fortemente ligado ao uso que dela se faz. A qualidade da água, bruta ou tratada, é avaliada a partir de parâmetros aquáticos (variáveis físico-químicas e bacteriológicas) e dos valores de referência apontados na legislação. Os parâmetros mais frequentemente utilizados para avaliar os impactos causados pela ação antrópica em sistemas aquáticos são: pH, sólidos dissolvidos e em suspensão, compostos nitrogenados, fósforo, cloreto dissolvido, alcalinidade total, turbidez, condutividade, micropoluentes orgânicos, metais e patógenos. Essa caracterização pode-se dar pelo monitoramento dos recursos hídricos, durante um determinado período, empregando-se, posteriormente, os valores obtidos para calcular Índices de Qualidade. (CORADI; FIA; PEREIRA-RAMIREZ, 2009).

Os Índices de Qualidade de Água podem ser calculados, por exemplo, utilizando-se de parâmetros existentes nos boletins das estações de tratamento de água, simplificando as informações e permitindo comunicar a qualidade de um determinado corpo hídrico à população, às prefeituras, aos órgãos de controle ambiental, aos comitês das bacias hidrográficas, entre outros, de forma mais acessível e de fácil entendimento. (CETESB, 2008; ANDRADE et al., 2005).

A qualidade de água do rio Pitangui, como foi verificada por Scheffer e Busch (2010), vem sendo comprometida devido a inúmeros fatores tais como a falta de proteção das áreas em seu entorno; a ocupação inadequada dessas áreas por assentamentos humanos; o aporte de efluentes principalmente domésticos lançados *in natura* ou de sistemas inadequados de tratamentos de esgoto; e as elevadas concentrações de cargas poluentes e resíduos, tanto de origem urbana como rural.

Neste trabalho foram calculados dois índices para o rio Pitangui, a partir de parâmetros aquáticos determinados durante 12 meses: i) o IQA de Bascarán relacionado à potabilidade da água; e ii) o IQA_{PVA} (Índice de Qualidade das Águas para a Proteção da Vida Aquática) que nos dá indicações sobre a qualidade da água para a biota.

2. ÍNDICES DE QUALIDADE DE ÁGUA

Segundo Rocha et al. (2004), a CETESB adaptou e desenvolveu um Índice de Qualidade de Água (IQA) a partir de estudo feito em 1970 pela National Sanitation Foundation dos Estados Unidos, para facilitar a interpretação das informações sobre qualidade da água de forma abrangente e útil. Assim, na

prática, é possível avaliar a qualidade em função da disponibilidade de dados, a partir da existência de medidas de parâmetros. Os Índices de Qualidade de Água representam valores finais que dependem de um conjunto de variáveis e de uma sistemática de atribuição de pesos.

Vários índices têm sido desenvolvidos e utilizados em todo o mundo. A seleção do melhor índice a ser usado depende das fontes poluidoras existentes no meio. (CORADI; FIA; PEREIRA-RAMIREZ, 2009). Uma dificuldade na elaboração de um Índice de Qualidade das Águas é sintetizar em um único número (que pode estar relacionado a um estado da qualidade: ótima, boa, regular, ruim e péssima, por exemplo) uma realidade complexa, na qual inúmeras variáveis ambientais têm influência. Soma-se a isso o fato de que a qualidade da água é uma função direta de seu uso proposto. (SILVA; JARDIM, 2006).

Um Índice de Qualidade das Águas pode ser projetado para uma situação específica, inserido no contexto de uma bacia hidrográfica, trazendo consigo a diversidade urbano-industrial presente, a prática de uso e ocupação do solo e o padrão de desenvolvimento tecnológico. Ou seja, a elaboração de um Índice de Qualidade das Águas pode ser simplificada ao levar em consideração somente as variáveis ambientais críticas que afetam determinado corpo hídrico em um determinado momento. Essa redução do número de variáveis ambientais, graças à escolha daquelas que realmente afetam a qualidade, facilita a elaboração de um Índice de Qualidade, tornando também sua aplicação mais econômica e desse modo aumentando sua possibilidade de uso em diversas bacias hidrográficas do país. (SILVA; JARDIM, 2006).

Outra vantagem ao se trabalhar com um índice que utiliza poucas variáveis

ambientais é a minimização de um clássico e indesejável efeito na elaboração de Índices de Qualidade das Águas, conhecido como efeito eclipse. O efeito eclipse resulta do processo de agregar inúmeras variáveis ambientais em um único número, o que pode produzir uma atenuação do impacto negativo de uma das variáveis frente ao comportamento estável das demais. Os índices propostos na literatura têm procurado diminuir a presença desse efeito eclipse usando diferentes formas matemáticas para se obter o valor final ou, então, estabelecendo diferentes pesos às variáveis que constituem o Índice de Qualidade. (HOUSE; ELLIS, 1987).

2.1 Índice de Qualidade de Água para proteção da vida aquática (IQA_{PVA})

O IQA reflete a interferência por efluentes sanitários e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos na qualidade dos corpos de águas. Entretanto, Silva e Jardim (2006) observam que normalmente os critérios de qualidade adotados quase nunca consideram a manutenção da vida aquática, mas sim a qualidade da água para fins de potabilidade. Nesse índice são utilizados dois parâmetros ambientais, a amônia (NH₃) e oxigênio dissolvido (OD). (FRINHANI; CARVALHO, 2010).

Segundo Silva e Jardim (2006), a variável amônia foi utilizada devido à sua toxicidade para a grande maioria dos organismos aquáticos. O impacto ecológico desse composto nas comunidades aquáticas, em peixes e invertebrados bentônicos, pode se dar em termos de toxicidade crônica com efeitos sobre a capacidade reprodutiva, o crescimento, o comportamento, os tecidos (mudanças patológicas nos tecidos das brânquias, rins e fígados dos peixes) e alterações bioquímicas e fisiológicas.

Quanto ao oxigênio dissolvido, sua ausência pode afetar significativamente a biota aquática. As faixas de concentração de oxigênio dissolvido com as respectivas comunidades aquáticas que podem suportar tais níveis, com base nos critérios de qualidade publicados pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), são: de 0 a 2 mg L⁻¹ é insuficiente para manter a vida aquática; de 2 a 4 mg L⁻¹ somente poucas espécies de peixes podem sobreviver; de 4 a 7 mg L⁻¹ é aceitável para peixes de águas quentes; e de 7 a 11 mg L⁻¹ é ideal para peixes de águas frias. A Resolução nº 357/059 do CONAMA, que trata da qualidade dos corpos hídricos superficiais, traz o valor mínimo permitido de 5 mg L⁻¹ para corpos hídricos classe 2, valor que apresenta uma coerência com os padrões de qualidade preconizados pela referida agência ambiental. (SILVA; JARDIM, 2006)

2.2 Índice de Qualidade de Água de Bascarán (IQA_B)

O Índice de Qualidade da Água de Bascarán proporciona um valor global de qualidade da água, incorporando valores individuais de uma série de variáveis. (BASCARÁN, 1979 apud RIZZI, 2001). O IQA_B, diferentemente de outros índices, é bastante flexível, pois permite a introdução ou exclusão de variáveis de acordo com as necessidades ou limitações para obtenção de dados, sendo possível definir um índice básico com um número reduzido de variáveis e outro completo com maior número de variáveis. (RIZZI, 2001).

Dessa maneira, o índice calculado representa um valor final que depende de um conjunto de variáveis e da sistemática de atribuição de valores, de caráter subjetivo (atribuição de pesos).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Coleta, amostragem e determinação de parâmetros

A bacia do rio Pitangui possui uma área de aproximadamente 927,3 km². Afluente da margem direita do rio Tibagi, situa-se na porção centro-leste do estado do Paraná e banha parte dos municípios de Castro, Carambeí e Ponta Grossa, entre as latitudes 250 07' 38" S e 250 49' 06" S e as longitudes 490 46' 40" W. (MELO; GUIMARÃES; SANTANA, 2010).

As coletas foram realizadas durante 12 meses com o auxílio de um barco a motor, de abril de 2007 a março de 2008, em sete pontos do rio Pitangui. As amostras de água foram coletadas diretamente em frascos de polietileno de 1L, acondicionados individualmente em sacos plásticos e em caixa de isopor com gelo para transporte até o laboratório, onde alíquotas foram filtradas em membranas de acetato de celulose com porosidade de 0,45 µm, sob pressão reduzida para realização de análises na fração dissolvida.

O ponto 1 está situado logo após o barramento do rio Pitangui. Até esse ponto as águas da Represa dos Alagados estão canalizadas, fazendo com que o rio desapareça em épocas de pouca chuva. A essa altura o rio Pitangui apresenta um grande remanso antes de receber as águas da Usina São Jorge. Daí em diante, as águas vindas da Represa dos Alagados saem pelas turbinas e se tornam rápidas. Nesse local a profundidade média está em torno de 2,4 m e a largura de 19 m; não foi verificada a presença de lixo, entretanto, a água que chega da Represa de Alagados já vem com razoável carga de matéria orgânica dissolvida.

No ponto 2 a área do entorno é protegida pela SANEPAR, pois aí está a segunda estação de captação de água para Ponta Grossa, a qual contribui com 60% do

abastecimento total. A primeira está localizada na Represa de Alagados. Nessa estação também não se observa presença de lixo.

O ponto 3 fica na desembocadura do rio Verde que, caracterizado como um rio urbano, percorre bairros como Vila Dal'Col, Jardim Lagoa Dourada, Rio Verde, entre outros. Recebe água dos arroios Pilão de Pedra, Lajeado e Lajeado Grande que nascem dentro da área urbana.

As águas do rio Verde, quando desembocam no ponto 3, chegam com coloração cinza escura e tanto as margens quanto o leito do rio apresentam grande quantidade de lixo.

O ponto 4 fica acima do Salto, onde o rio faz uma grande curva formando áreas de remanso. Contudo, na parte em que a vegetação deveria ser abundante o que se encontra é muito lixo arrastado, principalmente oriundo do ponto 3 de coleta.

Já o ponto 5 fica abaixo do Salto, com águas rápidas e poucas áreas de remanso, servindo como uma barreira natural para subida dos peixes migradores. Com pouca vegetação aquática, também retém uma pequena faixa de mata ciliar, com gramíneas à margem direita e agricultura à esquerda.

O ponto 6 está localizado próximo a desembocadura do rio São João, que recebe os despejos urbanos, efluentes industriais e lançamento de uma estação de tratamento oriundos de Carambeí. Entremeadado por corredeiras e remansos, apresenta profundidade média de 1,0 m e largura média de 35 metros. Observa-se apenas resquício de mata ciliar em pequenas áreas, predominando a plantação de Pinus na margem direita e agricultura muito próxima ao leito na margem esquerda. Com declive acentuado e plantio sem curvas de nível apropriadas, o solo é carregado para dentro do rio em grande quantidade.

O ponto 7 fica próximo à foz do Pitangui, onde seu leito é encaixado, com margens bastante altas e sujeitas a erosão. Apresenta áreas de agricultura e plantio de Pinus em todo o entorno, com profundidade média de 1,5 m e largura de 30 m, possuindo regiões de corredeiras e poucos remansos onde se observam plantas aquáticas.

Alcalinidade total e cloreto dissolvido foram determinados pelos métodos 2540D e 4500B, respectivamente, descritos no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995). Esses métodos consistem em: (i) titulação potenciométrica para a alcalinidade total, expressa em mg CaCO₃ L⁻¹, determinada nas amostras *in natura* utilizando HCl purificado como titulante, até pH 4,5; (ii) método indireto de precipitação de Möhr (Argentimetria) para determinação do teor de cloretos na amostra filtrada.

A determinação do pH, bem como a determinação potenciométrica da alcalinidade, foi realizada empregando-se um eletrodo de vidro combinado conectado a um potenciômetro Labmeter model - PM 2. Para a DQO empregou-se o método da digestão com dicromato de potássio em meio ácido seguido de titulação com sulfato ferroso amoniacal.

Em laboratórios da SANEPAR foram determinados os seguintes parâmetros: temperatura, condutividade, turbidez, concentração de oxigênio dissolvido (OD), nitrato, nitrogênio amoniacal, fósforo total e reativo, coliformes totais e fecais.

3.2 Aplicação de Índices de Qualidade

3.2.1 Índice de Qualidade de Água de Bascarán (IQA_B)

Para cálculo do IQA_B foram empregados os seguintes parâmetros: pH, OD, condutividade, turbidez, fósforo total,

nitrogênio amoniacal, nitrato, coliformes totais, alcalinidade total e cloreto dissolvido. O IQA_B foi calculado a partir da seguinte equação:

$$IQA_B = K \times \sum C_i \cdot P_i / \sum P_i \quad (1)$$

Onde:

C_i = valor percentual correspondente ao parâmetro.

P_i = peso correspondente a cada parâmetro.

K = constante de ajuste em função do aspecto visual das águas, atribuídas conforme a seguinte escala: 1,0 para águas claras sem aparente contaminação; 0,75 para águas de ligeira cor, espumas, ligeira turbidez aparente não natural; 0,50 para águas com aparência contaminada e com forte odor; 0,25 para águas negras que apresentam fermentações e odores.

O valor percentual dos parâmetros (C_i) e o peso correspondente (P_i) para todos os parâmetros empregados constam da Tabela 1.

Adaptando-se à escala de Bascarán e após o cálculo do IQA_B usou-se a seguinte escala de descrição qualitativa da qualidade da água:

IQA_B de 0 a 25 → água de qualidade Muito Ruim

IQA_B de 26 a 50 → água de qualidade Ruim

IQA_B de 51 a 70 → água de qualidade Razoável

IQA_B de 71 a 90 → água de qualidade Boa

IQA_B de 91 a 100 → água de qualidade Excelente

3.2.2 Índice de Qualidade de Água para proteção da Vida Aquática (IQA_{PVA})

O índice proposto por Silva e Jardim (2006) pode ser calculado pela equação

2 (abaixo), que estabelece que o valor numérico do IQA_{PVA} é o menor valor normalizado das variáveis ambientais amônia total e oxigênio dissolvido.

$$IQA_{PVA} = \text{Min} (Amônia\ total_n, OD_n) \quad (2)$$

O IQA_{PVA} é o Índice de Qualidade das Águas para proteção da vida aquática; $Amônia\ total_n$ é a concentração normalizada de amônia total e OD_n é a concentração normalizada do oxigênio dissolvido.

Tabela 1 - Peso correspondente (P_i) e valor percentual (C_i) para todos os parâmetros empregados

Parâmetro	pH	OD (mg L ⁻¹)	Condutividade	Turbidez (UNT)	Fósforo Total (mg L ⁻¹)	Nitrogênio Amoniacal (mg L ⁻¹)	Nitrato (mg L ⁻¹)	Coliformes Totais	Alcalinidade Total (mg _{CaCO3} L ⁻¹)	Cloreto Dissolvido (mg L ⁻¹)	QUALIDADE	Valor Percentual (P _i)
PESO (P _i)	1	4	4	2	2	3	2	3	1	1		%
Valor Analítico do Parâmetro	1	0	>16.000	>400	>1	>1,25	>100	>14.000	>1.500	>1.500	Péssimo	0
	2	1	12.000	250	0,50	1,00	50	10.000	1.000	1.000	Muito Bom	10
	3	2	8.000	180	0,25	0,75	20	7.000	800	700	Ruim	20
	4	3	5.000	100	0,20	0,50	15	5.000	600	500	Desagradável	30
	5	3,5	3.000	50	0,15	0,40	10	4.000	500	300	Impróprio	40
	6	4	2.500	20	0,10	0,30	8	3.000	400	200	Normal	50
	6,5	5	2.000	18	0,05	0,20	6	2.000	300	150	Aceitável	60
	9	6	1.500	15	0,025	0,10	4	1.500	200	100	Agradável	70
	8,5	6,5	1.250	10	0,010	0,05	2	1.000	100	50	Bom	80
8	7	1.000	8	0,005	0,03	1	500	50	25	Muito Bom	90	
7	7,5	<750	<5	0	0	0	<50	<25	0	Excelente	100	

Fonte: Adaptado de RIZZI, 2001

O processo de normalização, que consiste em relacionar os valores numéricos das concentrações das variáveis ambientais da equação 2 em uma escala de 0 a 100, com o valor 100 representando a melhor qualidade ambiental, pode ser melhor visualizado por intermédio da Tabela 2.

Assim, conhecendo-se as concentrações de amônia total e de OD, busca-se na tabela acima o valor de normalização para cada uma dessas variáveis. O próximo passo é utilizar a variável ambiental mais degradada, o operador mínimo, em termos de proteção da vida aquática. O uso do

Tabela 2 - Curvas de normalização para amônia total e oxigênio dissolvido, com os respectivos fatores de normalização e estados da qualidade.

Estados da Qualidade	Excelente		Boa		Razoável		Ruim			Muito Ruim	
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Fator de Normalização	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Amônia total (mg L ⁻¹)	<0,01	≤0,03	≤0,05	≤0,10	≤0,20	≤0,30	≤0,40	≤0,50	≤0,75	≤1,0	>1,25
OD (mg L ⁻¹)	≥7,5	≥7,0	≥6,5	≥6,0	≥5,0	≥4,0	≥3,5	≥3,0	≥2,0	≥1,0	<1,0

Fonte: Adaptado de Silva e Jardim (2006)

operador mínimo constitui-se em uma forma simples de eliminar o clássico efeito eclipse presente na elaboração dos Índices

de Qualidade. (SILVA; JARDIM, 2006).

Ainda na Tabela 2, de posse dos valores normalizados da amônia total e oxigênio

dissolvido, é feita uma relação com os estados da qualidade (excelente, boa, razoável, ruim e muito ruim). Para se efetuar essa correlação, as seguintes faixas de qualidade foram utilizadas: excelente para $91 \leq IQA_{PVA} \leq 100$; boa para $71 \leq IQA_{PVA} \leq 90$; razoável para $51 \leq IQA_{PVA} \leq 70$; ruim para $26 \leq IQA_{PVA} \leq 50$ e muito ruim para $IQA_{PVA} \leq 25$. É claro que essa divisão proposta tem sua parcela de subjetividade e é susceptível de adequação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Parâmetros físico-químicos

A caracterização do rio Pitangui através dos parâmetros físico-químicos foi realizada buscando conhecer os efeitos de ocupação da bacia sobre a qualidade das águas, e também para subsidiar o estudo da ictiofauna naquele corpo d'água. (SCHEFFER; BUSCH, 2010).

A avaliação foi realizada com a determinação dos seguintes parâmetros físico-químicos: pH, alcalinidade total, cloreto dissolvido, demanda química de oxigênio (DQO), oxigênio dissolvido (OD), condutividade, turbidez, fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitrato e coliformes fecais.

A concentração de OD é um dos parâmetros mais importantes para o exame da qualidade da água, pois revela a possibilidade de manutenção de vida dos organismos aquáticos aeróbios, como peixes, por exemplo. O teor de OD indica, sobretudo, as condições de preservação do corpo aquático, visto que a redução na sua concentração tem diversas implicações do ponto de vista ambiental. (SCHEFFER; BUSCH, 2010).

No caso do rio Pitangui, as concentrações de OD mantiveram-se, em média, em torno de 5 mg L^{-1} em todos os pontos avaliados (Tabela 3), o que corresponde ao limite mínimo previsto na legislação vigente. (CONAMA, 2005).

Tabela 3 – Concentrações de oxigênio dissolvido (OD)

LOCAIS	CONCENTRAÇÃO OD (mg L^{-1})												Concentração Média (mg L^{-1})
	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	
Ponto 1	4,4	6,6	5,1	-	5,8	9,8	4,4	5,5	4,2	4,9	3,1	5,7	5,4
Ponto 2	5,3	7,5	5,5	4,8	5,8	8,0	4,5	5,5	4,7	4,6	3,3	5,6	5,4
Ponto 3	4,8	7,0	5,8	5,1	6,6	5,2	3,7	3,8	4,5	4,3	3,5	7,0	5,1
Ponto 4	4,6	8,1	5,7	5,0	5,7	5,3	3,7	3,7	4,3	4,1	3,5	6,4	5,0
Ponto 5	4,7	6,6	5,4	5,4	5,6	5,8	4,2	3,4	5,0	3,8	3,9	6,6	5,0
Ponto 6	4,6	5,7	5,7	5,6	5,7	5,9	4,1	3,2	4,6	4,3	3,8	6,1	5,0
Ponto 7	4,4	7,4	5,3	5,2	5,5	5,4	3,9	3,1	4,8	3,9	3,8	6,9	5,0

Fonte: Scheffer e Busch (2010)

Quando se analisa individualmente cada coleta, observam-se meses extremamente críticos, com concentrações em torno de 3 a 4 mg L^{-1} . Na coleta do mês de fevereiro,

por exemplo, verificou-se concentrações de OD entre 3,1 e $3,9 \text{ mg L}^{-1}$. As concentrações de oxigênio estão a um nível incompatível com as necessidades dos organismos

aeróbios como os peixes, o que pode resultar na morte dos mesmos. A redução do OD pode ser causada pelo lançamento de esgotos ou efluentes orgânicos, havendo consumo de oxigênio para decompor a matéria orgânica.

Uma característica indicativa do aporte de carga orgânica, provavelmente esgoto doméstico, foram os altos índices de coliformes fecais na maioria dos pontos amostrados, sendo exceção apenas os pontos 1 e 2. As maiores concentrações de coliformes totais e fecais ocorreram para o ponto 3, sugerindo perda da balneabilidade e potabilidade da água. De acordo com a Resolução nº 357 do CONAMA (2005) são estabelecidos valores máximos de 1.000 un/100 mL para coliformes termotolerantes (fecais) em águas superficiais de classe 2 e, nesse ponto, foram frequentes as concentrações acima desse limite, verificando-se até 36.500 un/100 mL na amostra de fevereiro/2008.

No ponto 3 foram determinados também os maiores teores de alcalinidade total e concentrações de cloreto dissolvido (Tabela 4) quando comparados com os outros pontos. Apesar de não existirem valores padrão especificados na legislação para esses dois parâmetros, ambos podem ser indicativos de impactação.

Nas águas superficiais são fontes importantes de cloreto as descargas de esgotos sanitários, visto que cada pessoa expele através da urina cerca 6 g de cloreto por dia, o que faz com que os esgotos apresentem concentrações que podem ultrapassar a 15 mg L⁻¹. (CETESB, 2008).

Já a alcalinidade é naturalmente determinada pelo tipo de solo e de rochas que formam o leito e o entorno do curso d'água, entretanto, o aporte de esgoto doméstico rico em amônia (excretada na urina) e em fosfato (presente em produtos de limpeza) faz aumentar a alcalinidade total por interferência de caráter antrópico. (BUSCH; SCHEFFER, 2010).

Tabela 4 - Concentrações médias de alcalinidade total e cloreto dissolvido para as amostras dos sete pontos de coleta do rio Pitangui

Locais	Alcalinidade total (mg L ⁻¹)	Cloreto dissolvido (mg L ⁻¹)
Ponto 1	42,1	4,6
Ponto 2	35,5	4,6
Ponto 3	55,5	14,1
Ponto 4	45,0	8,4
Ponto 5	34,2	9,2
Ponto 6	27,0	9,7
Ponto 7	27,5	8,2

Org.: Autores

Também são indicativos de impactação os valores encontrados para os compostos considerados nutrientes, representados principalmente por fósforo e nitrogênio. As concentrações de fósforo total para as amostras desse rio encontram-se acima do limite aceitável para os sete pontos de amostragem. A grande carga poluidora proveniente de esgoto doméstico da cidade de Ponta Grossa e também determinada pela presença de lavouras às margens de vários pontos ou à montante deles está relacionada às altas concentrações de fósforo. Para o mês de setembro de 2007 verificou-se baixa pluviosidade, com precipitação acumulada nesse mês de apenas 27 mm (IAPAR, 2008), comparada à média histórica de 135 mm. A escassez de chuva diminui o fluxo d'água, acarretando aumento da concentração da carga orgânica e de nutrientes, o que pode elevar a DQO.

Quanto ao nitrogênio, esse elemento pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. As duas primeiras chamam-se formas reduzidas e, as duas últimas, formas oxidadas. Pode-se associar a idade da poluição com a relação entre as formas de nitrogênio. Ou seja, se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e as

análises demonstrarem predominância das formas reduzidas significa que o foco de poluição se encontra próximo. Se prevalecer nitrito e nitrato, ao contrário, significa que as descargas de esgotos se encontram distantes. (UNIVERSO AMBIENTAL, 2008).

São diversas as fontes de nitrogênio para as águas naturais. Os esgotos sanitários constituem em geral a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico proveniente de proteínas e nitrogênio amoniacal derivado da hidrólise sofrida pela uréia na água. (CETESB, 2008).

A atmosfera é outra fonte importante devido a diversos mecanismos: i) fixação biológica desempenhada por bactérias e algas, que incorporam o nitrogênio atmosférico em seus tecidos contribuindo para a presença de nitrogênio orgânico na água; ii) fixação química, reação que depende da presença de luz, concorre para as presenças de amônia e nitratos nas águas; iii) a precipitação em atmosfera poluída contribui para as presenças de partículas contendo nitrogênio orgânico, bem como para a dissolução de amônia e nitratos. (UNIVERSO AMBIENTAL, 2008). Nas áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio.

No caso das amostras do rio Pitangui, as concentrações de nitrato mantiveram-se dentro da faixa estabelecida pela legislação vigente, com valores inferiores a $10,0 \text{ mg L}^{-1}$, entretanto, para o nitrogênio amoniacal, foi constatado para o ponto 3 uma concentração média acima do limite estabelecido pela legislação que, considerando os valores de pH, deve ser de até $2,0 \text{ mg L}^{-1}$. Para esse ponto observou-se pico máximo no mês de junho de 2007 quando a concentração chegou a $6,3 \text{ mg L}^{-1}$.

Alguns dos parâmetros aquáticos apresentaram resultados compatíveis com a legislação vigente, como o pH que se

manteve em torno de 7,6 (valor médio), e que segundo a Resolução nº 357 do CONAMA (2005) deve estar entre 6,0 e 9,0. Também a condutividade elétrica, com valores médios de $58,7 \mu\text{S cm}^{-1}$, esteve abaixo do limite de $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ sugerido pela CETESB.

4.2 Aplicação dos Índices de Qualidade

Os cálculos dos Índices de Qualidade foram realizados para o segundo semestre das coletas, de outubro de 2007 a março de 2008, visto que nesse período tínhamos dados mais completos para as amostras.

Na Tabela 5, a seguir, estão os valores de IQA_B calculados para os sete pontos amostrais. É importante lembrar que esse índice foi calculado com base nos seguintes parâmetros: pH, OD, condutividade, turbidez, fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitrato, coliformes totais, alcalinidade e cloreto.

Nesse período verificou-se, segundo o Índice de Bascarán (IQA_B), que a qualidade da água variou de Boa para Razoável, refletindo as variações positivas ou negativas nas concentrações dos parâmetros aquáticos no decorrer dos meses. Fatores relacionados à sazonalidade, como, por exemplo, épocas de chuvas mais intensas ou de estiagem afetaram a concentração de diversos parâmetros fazendo com que o Índice de Qualidade da Água fosse também modificado.

Tabela 5 - Valores de IQA_B para os pontos amostrais

Meses	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
Outubro	75,50	80,43	69,00	74,78	67,39	77,83	75,65
Novembro	79,50	78,50	70,00	71,50	73,00	69,50	71,00
Dezembro	74,80	73,04	61,30	71,30	73,91	71,74	71,74
Janeiro	78,26	77,39	74,78	66,08	65,65	65,22	65,22
Fevereiro	73,91	66,95	59,56	53,91	61,30	60,00	65,65
Março	84,50	81,50	85,00	83,50	80,50	82,94	82,50
Média	77,75	76,30	69,94	70,18	70,29	71,21	71,96

Org.: Autores

Entre os sete pontos de coleta estudados no rio Pitangui, apenas o ponto 1 teve IQA_B indicando água de qualidade Boa em todos os meses estudados. Para os pontos 2, 6 e 7, mesmo com o IQA_B médio indicando água de qualidade Boa, em alguns meses a qualidade foi indicada como Razoável.

O ponto 3 apresentou frequentemente os menores valores de IQA_B , indicando a predominância de água de qualidade Razoável. Os pontos 4 e 5 apresentaram IQA_B médio com valores no limite para que a água pudesse ainda ser classificada como de boa qualidade.

Considerando que os parâmetros OD, nitrogênio amoniacal e coliformes têm os maiores pesos atribuídos (Tabela 1) para o cálculo do IQA_B - respectivamente, pesos 4, 3 e 3 - e que exatamente esses parâmetros apresentaram concentrações indicativas de impactação,

os índices calculados refletem essa influência.

É claro que, sendo apenas de qualidade razoável, é de se esperar algumas restrições, como o contato direto para recreação ou a ingestão. Isso fica ainda mais explícito quando se observam os valores encontrados, por exemplo, para coliformes totais e fecais.

Ainda, é preciso destacar que a avaliação da qualidade da água obtida pelo IQA_B apresenta limitações, pois esse índice não inclui substâncias como metais potencialmente tóxicos, pesticidas e outros compostos orgânicos persistentes, protozoários patogênicos e, do ponto de vista da potabilidade, substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água. (ANA, 2009).

O IQA_{PVA} , assim como o IQA_B , foi aplicado para os sete pontos ao longo do rio Pitangui, mas esse índice emprega apenas dois dos parâmetros obtidos: amônia total e oxigênio dissolvido. Os valores estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores de IQA_{PVA} para os pontos amostrais

Meses	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
Outubro	50	50	10	30	30	40	20
Novembro	50	40	0	20	30	30	30
Dezembro	30	30	0	10	10	0	20
Janeiro	20	30	20	20	20	10	20
Fevereiro	20	20	0	0	10	20	0
Março	50	30	40	50	30	-	50
Média	36,6	33,3	11,6	21,6	21,6	20,0	23,3

Org.: Autores

Para interpretar os valores apresentados na Tabela 6, é importante lembrar as faixas de qualidade: excelente para $91 \leq IQA_{PVA} \leq 100$; boa para $71 \leq IQA_{PVA} \leq 90$; razoável para $51 \leq IQA_{PVA} \leq 70$; ruim para $26 \leq$

$IQA_{PVA} \leq 50$; e muito ruim para $IQA_{PVA} \leq 25$. Portanto, apenas a partir de um índice $IQA_{PVA} > 51$ podemos classificar a água como Razoável.

Dessa maneira, em termos de vida aquática, a qualidade das águas do rio Pitangui pode ser considerada de péssima qualidade. Apenas para o ponto 1 observa-se alguns meses onde a qualidade ($IQA_{PVA} = 50$) esteve no limite tendendo para qualidade razoável. Nos demais pontos a qualidade variou de ruim ($26 \leq IQA_{PVA} \leq 50$) para muito ruim ($IQA_{PVA} \leq 25$).

Indicando algumas características desses locais verificadas *in loco*, destaca-se que até o ponto 1 as águas do rio Pitangui vêm canalizadas desde a Represa. Seria de esperar menor impactação, entretanto, a própria Represa apresenta características de eutrofização e alta carga de matéria orgânica dissolvida. Tal fato se reflete nos níveis de OD, extremamente críticos durante praticamente todos os meses estudados (Tabela 3).

A falta de oxigênio na água traduz-se em sintomas de asfixia, com os animais

subindo constantemente à superfície da água para otimizar suas trocas gasosas, além da redução ou parada do crescimento e do ganho de peso de peixes, estresse e maior suscetibilidade a doenças. (OKUMURA, 2008).

Os menores valores de IQA_{PVA} foram obtidos para o ponto 3, que é o local onde rio Verde deságua no rio Pitangui com alta carga poluente. O rio Verde, caracterizado como um rio urbano passa por bairros de Ponta Grossa e recebe arroios que nascem dentro da área urbana. Por esse motivo o rio Verde deságua no Pitangui completamente poluído, trazendo grande quantidade de esgoto, resíduos industriais, efluente de estação de tratamento do esgoto e lixo.

Os valores críticos de IQA_{PVA} também estão relacionados às altas concentrações de fósforo total para as amostras desse rio, que se encontram acima do limite aceitável para os sete pontos de amostragem, conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 - Concentração de fósforo total ($mg L^{-1}$) para amostras do rio Pitangui

LOCAIS	2007								2008			
	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar
Ponto 1	0,06	0,10	0,03	ND	0,03	0,03	0,20	0,09	0,24	1,0 (*)	0,09	0,10
Ponto 2	0,04	0,16	0,03	0,04	0,33	0,03	0,21	0,03	0,08	0,30	0,06	0,09
Ponto 3	0,53	0,14	0,33	0,11	0,02	0,64	0,17	0,04	0,10	0,24	0,07	0,17
Ponto 4	0,09	0,29	0,55	0,23	0,12	0,12	0,19	0,08	0,26	0,16	0,09	0,18
Ponto 5	0,05	0,18	0,63	0,27	0,07	0,11	0,19	0,12	0,26	0,17	0,09	0,17
Ponto 6	0,14	0,36	0,39	0,24	0,07	0,09	0,29	0,10	0,40	1,0 (*)	0,17	0,21
Ponto 7	0,16	0,71	0,30	0,25	0,11	0,10	0,24	0,13	0,28	1,0 (*)	0,19	0,28

Org.: Autores

Nota: (*) Limite de detecção do equipamento igual a $1,0 mg L^{-1}$ para fósforo total

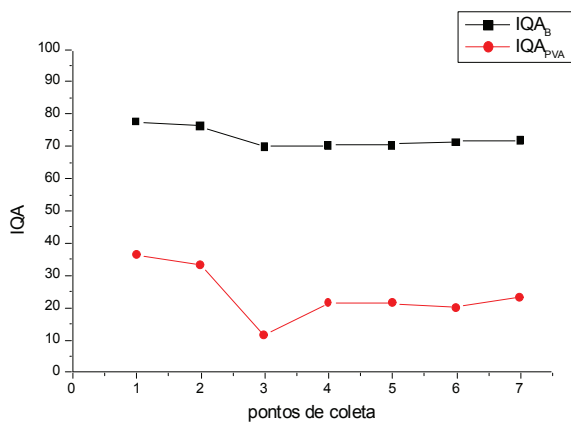
Segundo a Resolução nº 357 do CONAMA (2005) a concentração de fósforo total para amostras de rio classe 2, como o rio Pitangui, considerando o tipo de ambiente e o tempo de residência nessas águas, pode ser de até $0,050 mg L^{-1}$.

A grande carga poluidora proveniente de esgoto doméstico da cidade de Ponta Grossa, também determinada pela presença de lavouras às margens de vários pontos ou à montante deles, está relacionada às altas concentrações de

fósforo. O ponto 5, por exemplo, está em local com pequena faixa de mata ciliar e, na margem esquerda, apresenta atividades de agricultura; já o ponto 6 está próximo à desembocadura do rio São João que recebe água de drenagem de áreas de agricultura e pecuária, despejos urbanos, efluentes industriais e lançamento de uma estação de tratamento de Carambeí. Todos esses fatores somados trazem consequências diretas à qualidade da água bruta, conforme pode ser observado nos locais avaliados nesta pesquisa através dos parâmetros analisados e dos índices calculados (Figura 1).

A Resolução nº 357/05 do CONAMA estabelece que corpos hídricos classe 2, caso do rio Pitangui, devem manter como uma de suas funções ecológicas o equilíbrio das comunidades aquáticas; e, com base nos parâmetros aquáticos determinados e no valor obtido para o IQA_{PVA} , há suspeita de que esse papel não tenha sido mais preenchido.

Figura 1 - Valores médios obtidos para IQA_B e IQA_{PVA} nos 7 pontos amostrais



Org.: Autores

Portanto, um Índice de Qualidade das Águas voltado para a proteção das comunidades aquáticas atende inclusive à legislação, pois, além de explicitar a

necessidade da manutenção da biota, alerta para que a sustentação da vida seja norteadora do controle de fontes emissoras de poluentes. De maneira que o IQA_{PVA} tem também a função de indicador de desempenho, capaz de verificar a efetividade das medidas gerenciais de controle de emissões pontuais ou difusas em uma bacia hidrográfica. (SILVA; JARDIM, 2006).

5 CONCLUSÃO

O manancial do rio Pitangui é o principal responsável pelo abastecimento de água tratada da cidade de Ponta Grossa, o que torna de extrema importância a investigação a respeito dos impactos ambientais sobre a qualidade da água bruta através da determinação de parâmetros físico-químicos. Uma oferta de água confiável é vital para a saúde. A qualidade de água do rio Pitangui, como foi verificada em trabalhos anteriores (SCHEFFER; BUSCH, 2010), vem sofrendo com inúmeras atividades antrópicas.

Em países em desenvolvimento como o Brasil, o aporte de esgotos não tratados é uma das principais causas do comprometimento da qualidade da água. O maior impacto causado pelo despejo de esgotos é a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido disponível na água, entretanto, tais efluentes podem conter, além de matéria orgânica, substâncias em diferentes níveis de toxicidade, além de organismos patogênicos. (SCHEFFER, 2006; BRAGA et al., 2002).

Por meio dos resultados dos parâmetros aquáticos avaliados pode-se fazer um alerta quanto às águas ao longo do rio Pitangui, principalmente no que diz respeito à preservação de sua biota, conforme verificado neste trabalho, a partir do IQA_{PVA} calculado. O risco para

a biota foi expresso através do IQA_{PVA} , indicando qualidade da água ruim ($26 \leq IQA_{PVA} \leq 50$) para muito ruim ($IQA_{PVA} \leq 25$). Portanto, além da possibilidade de transmissão de doenças para o ser humano, a impactação verificada tem como resultado o desequilíbrio ecológico, tanto para as espécies que ocupam o rio como seu habitat, quanto para outras espécies predadoras que têm nos organismos desses rios sua fonte de alimentação. (SCHEFFER; BUSCH, 2010).

Entretanto, quando aplicado o Índice de Qualidade de Bascarán (IQA_B), associado à potabilidade, os resultados mostraram qualidade Razoável para o rio Pitangui, mesmo com importantes parâmetros, como coliformes, estando acima da legislação. A avaliação através dos Índices de Qualidade tem, assim, caráter subjetivo e, apesar de útil para triagem rápida dos boletins diários obtidos nas estações de tratamento, deve conduzir a encaminhamentos para medidas de avaliação mais detalhadas.

Através das determinações dos parâmetros aquáticos e dos Índices de Qualidade foi possível verificar ao longo do rio Pitangui, portanto, níveis distintos de impactação.

REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional das Águas. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. Brasília, 2009. Disponível em: <www.ana.gov.br>. Acesso em: 2 jul. 2010.

ANDRADE, E. M. et al. Índice de qualidade de água: uma proposta para o vale do Rio Trussu, Ceará. *Revista Ciência Agronômica*, v. 36, n. 2, p.135-142, 2005.

APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19. ed., Washington, 1995.

BRAGA, E.A.S. **Determinação dos Compostos Inorgânicos Nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato) e Fósforo Total na água do Açude**

Gavião e sua contribuição para a eutrofização. 120p. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G.; BARROS, M. T.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGE, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente. **Variáveis de qualidade das águas**. Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 9 mar. 2008.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 357**, 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, mar. 2005.

CORADI, P.C.; FIA, R.; PEREIRA-RAMIREZ, O. Avaliação da qualidade da água superficial dos cursos de água do município de Pelotas, RS, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 4, n. 2, p. 46-56, 2009.

FRINHANI, E.M.; CARVALHO, E.F. Monitoramento da qualidade das águas do Rio do Tigre, Joaçaba, SC. **Unoesc & Ciência - ACET**, Joaçaba, v. 1, n. 1, p. 49-58, jan./jun. 2010.

HOUSE, M.A.; ELLIS, J.B. The development of water quality indices for operational management. **Water Sci. Technol.**, 19, 145-154, 1987.

IAPAR, Instituto Agrônomo do Paraná. **Agrometeorologia: Estações Meteorológicas**. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná. Disponível em: <www.iapar.br>. Acesso em: 8 nov. 2008.

MELO, M.S. de; GUIMARÃES, G.B.; SANTANA, A.C. Fisiografia da bacia do rio Pitangui. In: GEALH, A.M., MELO, M.S.; MORO, R. S. **Pitangui, rio de contrastes - seus lugares, seus peixes, sua gente**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2010. Cap. 1, p. 11-21.

OKUMURA, M.P.M. **A água onde o peixe vive**. Disponível em <www.bichoonline.com.br>. Acesso em: 3 nov. 2008.

RIZZI, N. Índices de Qualidade de Águas. **Sanare**, v. 15, 2001. Disponível em <www.sanepar.com.br>. Acesso em: ago. 2010.

ROCHA, J.C.; ROSA, A.H.; CARDOSO A.A. **Introdução à química ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2004. 154p.

RODRIGUES, F.M.; PISSARRA, T.C.T. **Monitoramento Hidrológico de uma Bacia Hidrográfica**. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Livro de Resumos, São Paulo, 2006.

RODRIGUES, F.M.; PISSARRA, T.C.T.; GREGÓRIO, C.E.B. **Qualidade da água de uma microbacia hidrográfica com diferentes usos do solo na região de Taquaritinga**, Estado de São Paulo. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Livro de Resumos, São Paulo, 2006.

SCHEFFER, E.W.O.; BUSCH, O.M.S. Qualidade da água. In: GEALH, A.M., MELO, M.S; MORO, R.S. **Pitangui, rio de contrastes** - seus lugares, seus peixes, sua gente. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2010. Cap. 5., p. 43-51.

SILVA, G.S.; JARDIM, W.F.; Um novo índice de qualidade das águas para proteção da vida aquática aplicado ao Rio Atibaia, região de Campinas/ Paulínia - SP, **Quim. Nova**, v. 29, p. 689, 2006.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

UNIVERSO AMBIENTAL. **Variáveis de Qualidade das Águas** - Rios e Reservatórios. Disponível em: <www.universoambiental.com.br>. Acesso em: 24 mar. 2008.

Recebido em: 21/12/10 Aceito em: 11/02/11
--