

Avaliação qualitativa e índice de qualidade das águas do Arroio Ouro Verde – Foz do Iguaçu - PR

Felipe Pinheiro Silva¹; Edneia do Santos Oliveira Lourenço²

Resumo: O recurso natural água parece ser desprezível quando consideradas as ações antrópicas desfavoráveis a sua conservação. Assim, a cada dia torna-se mais importante a avaliação qualitativa dos recursos hídricos visando à tomada de decisões com relação ao saneamento das sub-bacias urbanas. Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade das águas do Arroio Ouro Verde, na cidade de Foz do Iguaçu - PR, através da análise de diversos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, e com os resultados obtidos determinar o Índice de Qualidade de Água (IQA). A área de estudo compreende quase toda a extensão do arroio Ouro Verde, em áreas com diferentes usos do solo. Para avaliação da qualidade da água, foram escolhidos 3 pontos para amostragem, sendo o primeiro ponto localizado próximo a nascente, com uma mata ciliar bem preservada; o segundo ponto logo após a área de ocupação urbana; e o terceiro ponto localizado mais próximo à foz, com menos impactos urbanos. Os locais escolhidos e os procedimentos de coleta foram realizados de acordo com a ABNT NBR 9897 e 9898/1987. Os parâmetros analisados foram pH, turbidez, temperatura, sólidos totais, OD, DBO_{5,20}, fósforo total, nitrogênio total e coliformes termotolerantes. Os resultados indicam uma concentração alta de fósforo em todos os pontos, com forte impacto do lançamento de esgotos domésticos no ponto 2, gerando principalmente aumento na concentração de coliformes termotolerantes e decréscimo no oxigênio dissolvido. O ponto 3, melhor preservado, demonstrou um pouco da capacidade de depuração do rio. O IQA classificou o rio como “bom” no ponto 1, “ruim” no ponto 2 e “médio” no ponto 3.

Palavras-Chave: IQA; poluição; urbanização.

Qualitative Evaluation and Water Quality Index from Ouro Verde Stream – Foz do Iguaçu - PR

Abstract: The natural resource water seems to be negligible when considering human actions in detriment to their conservation. Thus, each day becomes more important qualitative evaluation of water resources, aiming at decisions regarding to sanitation in small urban watersheds. This study aimed to evaluate the water quality of Ouro Verde stream in the city of Foz do Iguaçu - PR, through the analysis of physico-chemical and microbiological tests and with the results determine the Water Quality Index (WQI). The study area covers almost the entire length of the Ouro Verde stream, in areas with different land uses. To evaluate the water quality, three points were chosen for sampling. The first spot is located near the source, with a well preserved riparian forest, the second spot is just after the area of urban settlement and the third spot is located nearest the mouth, with less urban impact. The chosen sites and collection procedures were performed according to ABNT NBR 9897 and 9898/1987. The analyzed parameters were pH, turbidity, temperature, total solids, DO, BOD_{5,20}, total phosphorus, total nitrogen and fecal coliform. The results indicate a high concentration of phosphorus in all points, with strong impact of domestic sewage in section 2, generating mainly an increase in the concentration of fecal coliform and decrease in dissolved oxygen.

¹ Engenheiro Ambiental. Foz do Iguaçu – PR. felipefoz@gmail.com

² Química. Doutora em Agronomia (UNIOESTE). Professora do Centro Universitário Dinâmica das Cataratas – PR. edneiasol@yahoo.com.br

The third point, best preserved, showed a bit of the river depuration capability. The WQI ranked the river as "good" in section 1, "bad" in section 2 and "average" in section 3.

Keywords: WQI, pollution, urbanization.

Introdução

A qualidade das águas é constantemente perturbada pela desordenada ocupação nos centros urbanos, devido à falta de planejamento nas prioridades dos governos. Assim, além dos problemas relacionados à quantidade de água, tais como escassez, estiagens e cheias, há também aqueles relacionados à qualidade da água, agravando ainda mais o problema da escassez desse recurso (BRAGA *et al.*, 2005).

A avaliação da disponibilidade qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos torna-se a cada dia mais importante, buscando saber a situação das águas para os diversos usos. Essas avaliações podem ter como base os parâmetros legais que classificam os rios em diversas classes de uso, ou ainda, podem utilizar índices de qualidade de água (utilizado pela CETESB), que de modo geral, retratam as atuais condições de um recurso hídrico, classificando-o de excelente a muito ruim (ROCHA; ROSA; CARDOSO, 2004)

O melhor conhecimento da situação do recurso hídrico permite ações mais efetivas, quando necessária à tomada de decisões visando o saneamento das sub-bacias urbanas e adequação ambiental das áreas adjacentes. O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade da água do Arroio Ouro Verde, na cidade de Foz do Iguaçu, através da análise de diversos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, e com os resultados obtidos determinar o Índice de Qualidade de Água (IQA).

Material e Métodos

A área de estudo está localizada no município de Foz do Iguaçu, no extremo Oeste do Estado do Paraná. O município possui uma população de 256.088 habitantes (IBGE, 2010), e uma área de 617,71 km², dos quais 196,46 km² são ocupadas pela área urbana. A média da temperatura anual de 22,1 °C e da precipitação mensal de 102,1 mm (FOZ DO IGUAÇU, 2013).

O bioma característico é da Mata Atlântica, com predominância originalmente de vegetação de Floresta Estacional Semidecidual, possuindo atualmente com vegetações secundárias e áreas agrícolas em sua maioria (IBGE, 2004). No tipo de solo, predomina-se o

latossolo vermelho distrófico (LVd19) com menores ocorrências de nitossolos e gleissolos (BHERING *et al.*, 2007).

Micro bacia do Ouro Verde

A micro bacia do Ouro Verde está situada dentro da área urbana de Foz do Iguaçu, mais especificamente na região do Porto Meira. Ela é delimitada ao norte pela região do Centro, a leste pelo Rio Paraná, ao sul pelo rio Iguaçu e a oeste pela região do Carimã.

O arroio Ouro Verde está localizado entre as coordenadas geográficas 25°34'19" S e 54°33'39" O na sua nascente, nas proximidades do Horto Municipal, e 25°33'42" S e 54°35'36" O em sua foz, no rio Paraná.

A área de estudo compreende praticamente toda a extensão desse rio. Durante seu percurso o arroio passa por áreas canalizadas, áreas de invasão (com contribuições significativas de esgoto doméstico), e áreas com matas ciliares parcialmente ou totalmente preservadas.

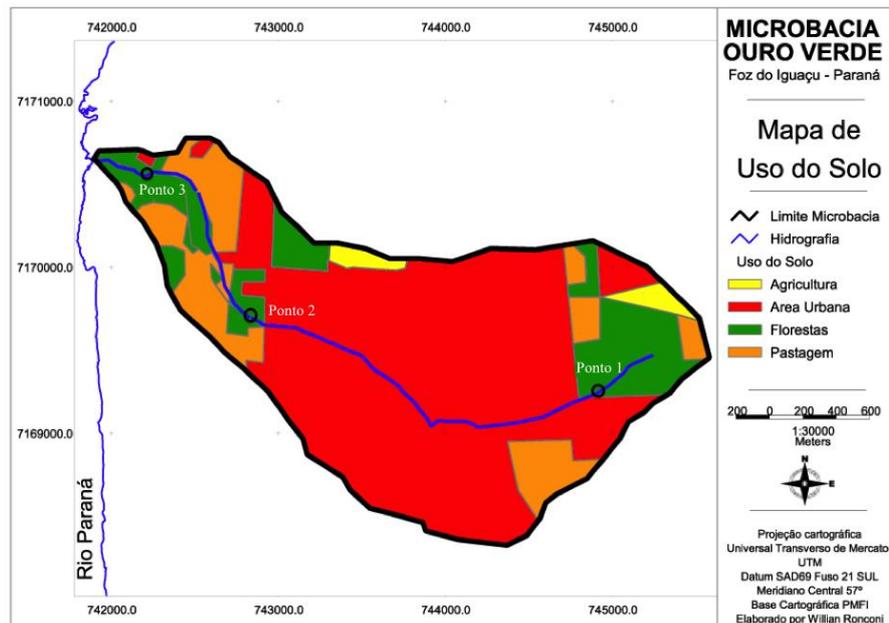
Pontos de Amostragem

Para avaliar as condições da qualidade das águas no arroio Ouro Verde, foram escolhidos três pontos para coleta de água, que são ilustrados na Figura 1 em um mapa de uso do solo da bacia.

O ponto de coleta 1 está localizado nas coordenadas geográficas 25°34'20" S, 54°33'38" O e altitude 186 m, este ponto foi escolhido por estar a montante do local de ocupação urbana em uma área pertencente ao Horto Municipal de Foz do Iguaçu. A vegetação ciliar é bem preservada na localidade do local de coleta.

O ponto de coleta 2 está situado nas coordenadas geográficas 25°34'15" S, 54°34'57" O e altitude 177 m, este segundo ponto foi escolhido por estar diretamente após a área de ocupação urbana, e possibilita analisar uma amostra que contemple a qualidade da água após ter recebido diversas contribuições de poluição urbana

Figura 1 – Pontos de Amostragem.



Fonte: Adaptado de Ronconi (2013)

O ponto de coleta 3 está localizado a jusante do segundo ponto, nas coordenadas 25°33'46" S, 54°35'21" O e altitude 142 m. Através da coleta nesse ponto procurou-se avaliar a capacidade autodepuração desse rio, visto que após o ponto 2, não há contribuições significativas, e há uma boa formação de mata ciliar.

Os dados referentes às coordenadas geográficas e altitude foram obtidos através de um aparelho GPS (*Global Positioning System*) de navegação.

Coletas das Amostras

As coletas nos pontos 1, 2 e 3 foram realizadas durante o período da manhã, com intervalo de trinta minutos entre cada uma delas.

Os locais escolhidos e os procedimentos envolvendo a coleta e preservações das amostras foram realizadas de acordo com as metodologias propostas pelas normas da ABNT NBR 9897 e 9898 (ABNT, 1987a; ABNT, 1987b)

Também foram obtidos os dados de precipitação, temperatura máxima e mínima para o período em que foi realizada a amostragem. Os valores obtidos foram registrados na Estação Meteorológica do Aeroporto de Foz do Iguaçu (CPTEC, 2011).

Parâmetros Analisados

Foram nove os parâmetros de água analisados, que são apresentados na Tabela 1 com a metodologia e as referências utilizadas.

Tabela 1 – Parâmetros analisados e metodologias empregadas

Variáveis	Metodologias	Referências
Temperatura (° C)	Termômetro Digital Portátil	
pH	Eletrométrico (4500 - H+ B)	
Turbidez (UNT)	Nefolométrico (2130B)	
DBO _{5,20} (mg.L ⁻¹)	Incubação a 20 °C - 5 dias (5210B)	(APHA, 1999)
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	Titulométrico – Winkler (5210B)	
Sólidos Totais (mg.L ⁻¹)	Sólidos secos a 103 – 105 °C (2540B)	
Nitrogênio Total (mg.L ⁻¹)	NTK (Método macro-Kjeldahl)	(ABNT, 1997)
	Nitrito (sulfanilamida e N-(1-Naftil)-etilenodiamina)	(ABNT, 1992a)
	Nitrato (ácido cromotrópico e ácido fenoldissulfônico)	(ABNT, 1992b)
Fósforo Total (mg.L ⁻¹)	Cloreto Estanoso	(VALDERRAMA, 1981)
Coliformes Termotolerantes (NMP 100 mL ⁻¹)	Número mais provável de coliformes termotolerantes em água	(BRASIL, 2003)

As análises dos parâmetros de pH, turbidez, sólidos totais, DBO_{5,20}, oxigênio dissolvido, nitrogênio total, fósforo total e coliformes termotolerantes foram realizadas no Laboratório Núcleo de Análises Físico-químicas de Foz do Iguaçu. Já as medições de temperatura foram feitas *in loco* com auxílio de um medidor portátil.

Cálculo do IQA

Para melhor visualização e interpretação dos dados avaliados foi calculado o IQA da CETESB. As variáveis que compõem o IQA são: turbidez, oxigênio dissolvido, pH, coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total, fósforo total, temperatura da água e sólidos totais.

O IQA é calculado através do produtório das notas individuais dos parâmetros, elevados aos respectivos pesos, conforme Equação 1.

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

Onde:

IQA: Índice de Qualidade das Águas (entre 0 e 100);

q_i : qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da curva média de variação de qualidade;

i : número do parâmetro, variando de 1 a 9 ($n = 9$, total de parâmetros que compõem o IQA);

w_i : peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função de sua importância para a conformação global da qualidade, sendo que a soma do peso dos parâmetros é igual a 1, como demonstrado na Equação 2.

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

Onde:

n = número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Os pesos utilizados no cálculo do IQA, estabelecidos pela NSF (*National Sanitation Foundation*) e utilizado por outros órgãos brasileiros, são apresentados na Tabela 2, junto com suas unidades.

Tabela 2 – Valores dos pesos e as unidades de cada parâmetro do IQA

Parâmetro	Unidade	q_i	w_i
Temperatura (1)	°C	q_1	0,10
pH	-	q_2	0,12
Turbidez	UNT	q_3	0,08
Sólidos Totais	mg L ⁻¹	q_4	0,08
Oxigênio Dissolvido	mg L ⁻¹	q_5	0,17
DBO _{5,20}	mg L ⁻¹	q_6	0,10
Nitrogênio Total	mg L ⁻¹	q_7	0,10
Fósforo Total	mg L ⁻¹	q_8	0,10
Coliformes Termotolerantes	NMP.100 ml ⁻¹	q_9	0,15

Fonte: Adaptado de ANA, 2009

(1) *Diferença de temperatura medida*

Para o cálculo de cada variável, existem equações específicas que representam as curvas de qualidades. Essas equações representativas utilizadas neste trabalho foram elaboradas pela CETESB (VON SPERLING, 2007) e foram transferidas para um *software* gerenciador de planilhas eletrônicas.

Após os cálculos, o IQA resultará em um valor compreendendo entre 0 e 100, e será classificado segundo os critérios da Tabela 3. Esses valores são os originais da NSF, e divergem dos utilizados pela CETESB em São Paulo, porém são utilizados em outros estados (AL, MG, MT, PR, RJ, RN, RS), por serem mais rígidos com relação à qualidade da água (ANA, 2009).

Tabela 3 – Classificação da qualidade das águas (IQA)

Nível	Cor	Faixa de IQA
Excelente		$90 < IQA \leq 100$
Bom		$70 < IQA \leq 90$
Médio		$50 < IQA \leq 70$

Ruim		$25 < IQA \leq 50$
Muito Ruim		$0 < IQA \leq 25$

Fonte: ANA (2009).

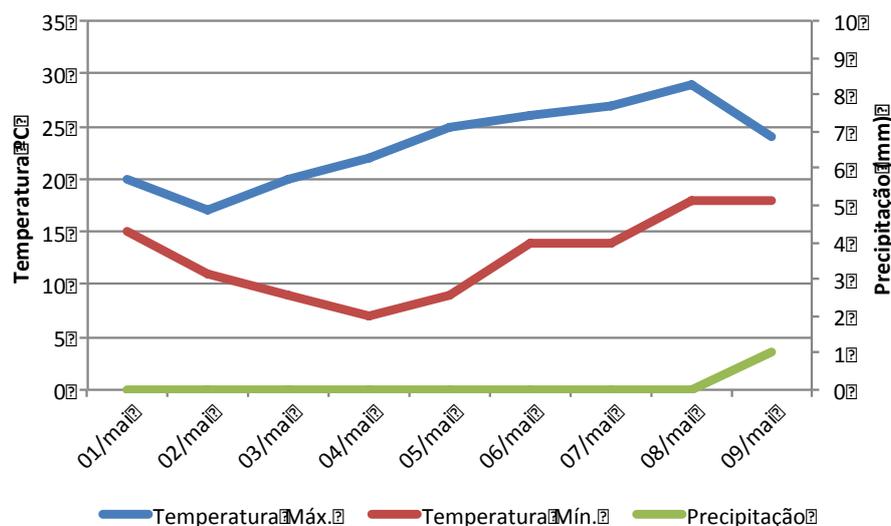
Para verificar quais parâmetros influenciaram negativamente ou positivamente no IQA final, também foram gerados gráficos que demonstram os valores obtidos da qualidade individual de cada parâmetro (q_i) em % do q_i máximo que poderia ser alcançado, sendo que o valor de 100% indica a melhor qualidade possível para aquele parâmetro.

Resultados e Discussão

Condições Climáticas

O começo do mês de maio caracterizou-se como um período seco na cidade de Foz do Iguaçu. No dia da coleta (5) não houve precipitação, assim como os 4 dias anteriores. As temperaturas neste dia ficaram entre 9 °C (mínima) e 25 °C (máxima). A Figura 2 mostra um gráfico contendo as temperaturas máximas, mínimas e a precipitação no período.

Figura 2 – Gráfico de precipitação, temperatura máxima e mínima.



Fonte: CPTEC (2011)

Parâmetros Físico-químicos e Microbiológicos

Os resultados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados do Arroio Ouro Verdes são demonstrados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do Arroio Ouro Verdes

Parâmetros	Unidades	Pontos			CONAMA 357/2005 (1)
		1	2	3	
Temperatura	°C	17,7	20,2	18,9	-
pH	-	7,76	7,4	7,7	6,0 - 9,0
Turbidez	UNT	2	6,7	4,41	≤ 40

Sólidos Totais	mg.L ⁻¹	<1,0	200	50	≤ 500
Oxigênio Dissolvido	mg.L ⁻¹	7	3,49	5,94	≥ 6,0
DBO _{5,20}	mg.L ⁻¹	<2,0	7,41	4,48	≤ 3,0
NTK (N-NTK)	mg.L ⁻¹	<0,1	4,2	1,4	-
Nitrato (N-NO ₃)	mg.L ⁻¹	0,11	0,04	0,24	≤ 10
Nitrito (N-NO ₂)	mg.L ⁻¹	<0,01	0,02	0,1	≤ 1,0
Nitrogênio Total (2)	mg.L ⁻¹	0,11	4,26	1,74	-
Fósforo Total	mg.L ⁻¹	0,1724	0,2824	0,2667	≤ 0,1
C. Termotolerantes	NMP.100mL ¹	0,9 x 10 ³	8,6 x 10 ³	3,1 x 10 ³	≤ 200

(1) Padrões para águas doces – classe 1

(2) Nitrogênio Total é a soma do Nitrogênio Total Kjehldhal (orgânico e amoniacal), Nitrato e Nitrito

A temperatura no ponto 2 foi superior as temperaturas encontradas no ponto 1 e 3. Devido ao lançamento de efluentes domésticos e ausência de mata ciliar, a temperatura apresentou-se mais elevada, conforme já relatado por Percebon, Bittencourt e Rosa Filho (2006).

Os valores de pH encontrados nos 3 pontos se encontram dentro dos valores legais da resolução CONAMA 357/2005, e são levemente básicos, mas dentro da região da neutralidade.

Esses valores indicam que o rio não sofreu influência dos solos ácidos, que abaixam o pH como os resultados obtidos por Silva, Sousa e Kayano (2007) e a leve basicidade pode estar atribuída ao período seco que abaixa a turbidez e favorece o crescimento de algas que retiram o gás carbônico elevando o pH, conforme constatado por Vanzela, Hernandes e Franco (2010).

Os sólidos totais estiveram ausentes na amostra do ponto 1, já um volume maior foi encontrado no ponto 2, porém dentro dos valores legais. O aumento pode ser atribuído à remoção da vegetação e a degradação das margens conforme constatado em estudo por Dantas *et al.* (2009), pois após esse ponto o aumento de vegetação ciliar reduziu os valores de ST no ponto 3.

A turbidez foi baixa em todos os pontos e esteve dentro dos valores legais para os rios de classe 1 na resolução 357/2005. A baixa turbidez pode estar relacionado com a ausência de precipitação no período, que não carregou muitas partículas de solo, como relatado por Ronconi *et al.* (2013) no mesmo rio em dia após precipitação.

A boa condição de preservação conferiu ao ponto 1, uma concentração de oxigênio compatível com águas de classe 1. O aumento de temperatura e de matéria orgânica elevou o consumo de oxigênio pelas atividades bioquímicas chegando a um menor valor no ponto 2,

enquadrando-o somente como classe 3. No entanto, devido às constantes cascatas presentes no rio a jusante, e processos de autodepuração, os valores tiveram um acréscimo no ponto 3, como também constatado por Peixoto *et al.* (2002).

Com relação à demanda bioquímica de oxigênio, observou-se a mesma tendência do OD, encontrando valores no ponto 1 abaixo de 3 mg.L^{-1} , e abaixo dos 5 mg.L^{-1} no ponto 3, e portanto encaixando-os legalmente como classe 1 e 2, respectivamente. O lançamento de esgotos domésticos ao longo do arroio, em áreas de invasão, elevou a DBO no ponto 2, igualmente observado por Ronconi *et al.* (2013), e os processos de autodepuração a reduziram no ponto 3, como observado por Carvalho, Ferreira e Stapefeldt (2004).

A Figura 3 mostra uma fonte de poluição por esgoto doméstico localizado a montante do ponto 2.

Figura 3 – Poluição por esgoto doméstico



Fonte: Próprio Autor

Entre as diferentes formas de nitrogênio, todos os valores se encontraram dentro dos padrões legais para os rios de classe 1. O nitrogênio orgânico e amoniacal (NTK), apresentou um aumento de valor no ponto 2, representando praticamente toda a fração de nitrogênio no ponto coletado, este tipo de nitrogênio indica poluição recente por matéria orgânica, podendo ser causado pelo lançamento de resíduos líquidos e sólidos durante o trecho que o rio passa pela área urbana, confirmando o relato de Cozer *et al.* (2013) que realizou um diagnóstica ambiental desta micro bacia.

No primeiro ponto, o NTK não foi detectado, enquanto no ponto 3, uma menor fração foi encontrada, podendo ser um resquício da poluição a montante desse ponto. O nitrato foi

detectado em baixos valores no ponto 1, possivelmente de ocorrência natural nas águas, e depois em um menor valor ainda no ponto 2.

No ponto 3 observou-se um aumento da concentração de nitrato e nitrito em relação ao ponto 2. A presença dessas formas nitrogenadas indica poluição remota, e se deve principalmente a oxidação da forma orgânica do nitrogênio em nitrato e nitrito, originados da contaminação do manancial a montante, conforme relatado também por Vasco *et al.* (2011). A baixa concentração do nitrato encontrada não oferece riscos, pois a ingestão acima de 10 mg.L⁻¹ por bebês pode causar doenças como a síndrome do bebê azul, conforme observado por Zublena, Cook e Clair (1990).

A quantidade de fósforo encontrada foi elevada em todos os pontos, e enquadrou o rio em estudo somente como classe 4. No ponto próximo a nascente, os solos alagados e hidromórficos com sua grande quantidade de matéria orgânica podem ter contribuído para a liberação de fósforo para o meio, conforme apontado por Ranno, Silva e Mallmann (2007). Porém, a presença de áreas agricultáveis a montante desse ponto também podem ter influência na quantidade de fósforo nas águas, conforme relato de Bufon, Tauk-Tornisielo e Pião (2002).

No ponto 2 e no ponto 3, o aumento da concentração de fósforo evidenciou a poluição causada por esgotos domésticos, praticamente duplicando a sua concentração no corpo hídrico, atribuindo esse fato principalmente a detergentes a base de fosfatos, confirmando relato de Campanha *et al.* (2010).

Os coliformes termotolerantes foram encontrados no ponto 1, próximo a nascente, com uma concentração de 90 NMP.100 mL⁻¹, dentro dos limites aceitáveis para os rios de classe 1. A região da nascente não sofre influência de lançamento de esgotos domésticos, e a presença desses coliformes está provavelmente associada à circulação de animais silvestres ou domésticos que vivem nas proximidades, como relatado por Almeida *et al.* (2004).

O elevado número de colônias encontradas no ponto 2 e 3 estão acima de qualquer limite aceitável. A grande presença dessas bactérias reflete a falta de saneamento básico nas áreas urbanas, e o lançamento indiscriminado de esgoto doméstico no manancial, como também observado por Vasconcellos, Iganci e Ribeiro (2006).

A redução de coliformes termotolerantes do ponto 2 para o ponto 3, pode ser explicada pela ausência de contribuições após o ponto 2, por processos autodepurativos, e pelo consequente aumento de vazão do rio.

Índice de Qualidade de Água (IQA)

Os resultados físico-químicos e microbiológicos dos diferentes pontos do arroio permitiram o cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA). Na Tabela 5 são apresentados os valores calculados da nota individual de cada parâmetro (q_i) e seus respectivos pesos (w_i).

Tabela 5 – Notas Individuais dos parâmetros e seus respectivos pesos

q_i Individuais	Pesos (w_i)	Pontos		
		1	2	3
q Δ T	0,10	94	94	94
qpH	0,12	90,7	92,5	91,2
qDBO _{5,20}	0,10	88,4	76,7	57,5
qOD	0,17	81	29,5	67,3
qNT	0,10	99,1	70,8	86,7
qPT	0,10	61	44,8	46,8
qST	0,08	79,9	73,8	85,3
qTu	0,08	95	84	89,1
qCF	0,15	41,1	4,3	5,7

Utilizando-se da Equação 1, calculou-se o IQA através do produtório das notas individuais elevadas aos seus respectivos pesos, conforme demonstrado na Equação 3, 4 e 5, para os pontos 1, 2 e 3, respectivamente.

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

$$94^{0,1} \times 90,7^{0,12} \times 88,4^{0,1} \times 81^{0,17} \times 99,1^{0,1} \times 61^{0,1} \times 79,9^{0,08} \times 95^{0,08} \times 41,1^{0,15} = \dots(3)$$

76

$$94^{0,1} \times 92,5^{0,12} \times 76,7^{0,1} \times 29,5^{0,17} \times 70,8^{0,1} \times 44,8^{0,1} \times 73,8^{0,08} \times 84^{0,08} \times 4,3^{0,15} = \dots(4)$$

41,7

$$94^{0,1} \times 91,2^{0,1} \times 57,5^{0,12} \times 67,3^{0,17} \times 86,7^{0,1} \times 46,8^{0,1} \times 85,3^{0,08} \times 89,1^{0,08} \times 5,7^{0,15} = \dots(5)$$

50,5

Com o IQA calculado, classificou-se a qualidade a água através dos valores da Tabela 3, e os resultados são demonstrados na Tabela 6.

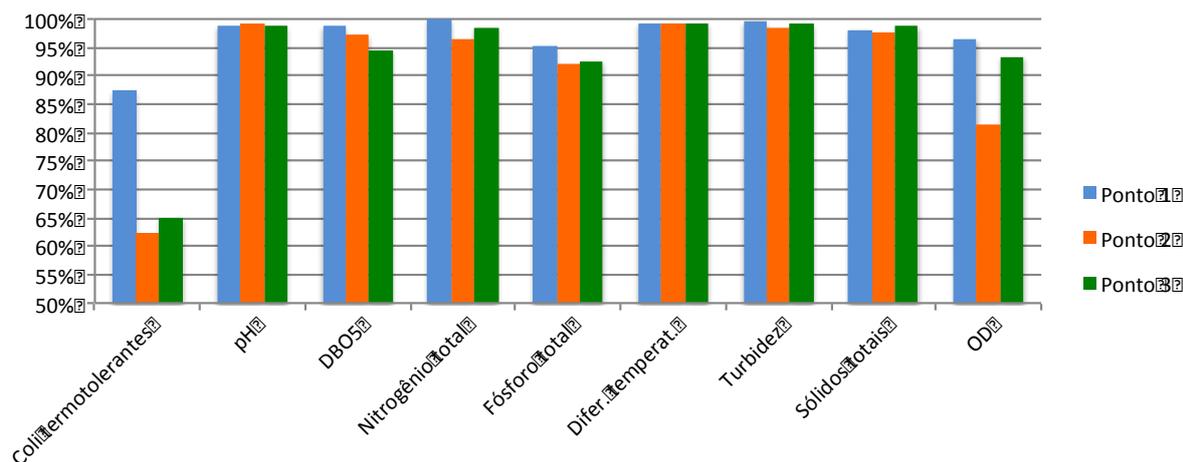
Tabela 6 – Classificação do IQA do Arroio Ouro Verde

Localização	IQA	Classificação
Ponto 1	76	Bom
Ponto 2	41,7	Ruim
Ponto 3	50,5	Médio

Os resultados apontaram para uma boa qualidade de água na localização próxima as nascentes. A região conta com uma vegetação ciliar bem preservada e pouca influência de atividades antrópicas, com exceção das atividades realizadas no Horto Municipal.

A Figura 4 apresenta os resultados de cada parâmetro (q_i^w) em porcentagem do valor máximo que poderia alcançar nos pontos 1, 2 e 3, ou seja, 100%.

Figura 4 – Porcentagem do q_i^w máximo possível para cada parâmetro no ponto 1, 2 e 3



Fonte: Próprio Autor

Como observado na Figura 4, o ponto 1 poderia ter melhor qualidade, se não houvesse uma influência dos parâmetros coliformes termotolerantes, que contribuiu para o decréscimo do IQA final.

No ponto de coleta 2, a influência da urbanização com suas diversas formas de poluição contribuíram para mudar a classificação do rio de “bom”, no ponto 1, para “ruim” neste ponto. As consequências das atividades antrópicas e o período seco podem ter contribuído para a queda do IQA, como já observado por Frinhani e Carvalho (2010).

Nesse ponto, o IQA teve influência negativa dos parâmetros coliformes termotolerantes e oxigênio dissolvido, que contribuíram para um baixo índice, conforme observado na Figura 4. O lançamento de esgoto doméstico pode ter sido a principal causa para os valores encontrados.

O terceiro ponto, de acordo com o IQA, apresenta melhor qualidade que o segundo, obtendo a classificação “médio”. Depois de passar por uma forte influência das atividades antrópicas urbanas no ponto anterior, os processos autodepurativos e a ausência de contribuições significativas a montante, contribuíram para um melhor resultado no cálculo final do índice.

Conforme observado, os parâmetros coliformes apesar da redução continuaram influenciando negativamente no resultado. No entanto, devido aos processos autodepurativos, e ao desnível do rio com suas diversas cascatas, o oxigênio dissolvido elevou-se, confirmando relato de Sardinha *et al.* (2008), e influenciou positivamente numa melhor nota do IQA.

Conclusões

Após a realização deste estudo fica evidente a relação entre a urbanização e a qualidade das águas naturais, sendo o IQA uma boa ferramenta para avaliar a interferência da urbanização na qualidade das águas do arroio Ouro Verde, podendo ser utilizado como instrumento de divulgação ao público em geral.

No ponto de coleta 1 há pouca interferência antrópica, e todos os parâmetros estão dentro dos limites para os rios classe 1, tendo como parâmetro limitante o fósforo que o classificou como classe 4. O IQA obteve uma nota de 76, e foi classificado de “bom”.

O ponto de coleta 2 apresentou maior impacto da poluição urbana, principalmente por esgotos domésticos, e os parâmetros estiveram entre os limites para os rios classe 1 e 4. O IQA com uma nota de 41,7 obteve classificação “ruim”.

No ponto de coleta 3 há menor interferência humana e retorna a ser mais preservado, porém os parâmetros estiveram entre os limites dos rios classe 1 e 4 novamente. O IQA com uma nota de 50,5 obteve classificação “médio”.

Vale ressaltar também que após este estudo no arroio Ouro Verde, a Prefeitura Municipal de Foz do Iguaçu, através da Secretaria de Meio Ambiente e Obras (SMAO) iniciou um trabalho de revitalização desse rio, com início de obras de dragagem, alargamento e limpeza, no trecho entre as ruas Javier Koelbl e Golfinho, e se estenderão ainda 1,5 quilômetros no percurso do arroio. Este estudo é acompanhado pelo instituto Fozhabita que até o momento já realocou 220 famílias das áreas de invasão, contribuindo assim para uma futura melhoria na qualidade das águas neste arroio.

Referências

ABNT. **NBR 9897 - Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1987. 14 p.

ABNT. **NBR 9898 - Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1987. 22 p.

ABNT. **NBR 12619: Águas - Determinação de nitrito - Método da sulfanilamida e N-(1-naftil)-etilenodiamina - Método de ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ABNT. **NBR 12620: Águas - Determinação de nitrato - Método do ácido cromotrópico e do ácido fenol dissulfônico - Método de ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ABNT. **NBR 13796: Água: Determinação de Nitrogênio Orgânico, Kjeldahl e Total – Métodos Macro e Semimicro Kjeldahl.** Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ALMEIDA, R. A. A.; HUSSAR, G. J.; PERES, M. R.; JUNIOR, A. L. F. Qualidade Microbiológica do Córrego “Ribeirão dos Porcos” no Município de Espírito Santo do Pinhal - SP. **Revista Engenharia Ambiental**, v. 1, n. 1, p. 51–56, 2004.

ANA. **Índice de Qualidade das Águas.** 2009. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>>. Acesso em: 1 dez. 2014.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 20. ed. Washington: American Water Works Association, Water Environment Federation, 1999.

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G.; MANZATTO, C. V.; BOGNOLA, A. I.; CARVALHO, A. P. **Mapa de Solos do Estado do Paraná: escala 1:250.000.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007. 73 p.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T.; SPENCER, M. **Introdução à Engenharia Ambiental.** 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa no 62, de 26 de agosto de 2003. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Orige. **Diário Oficial da União.** Brasília: 26 de ago., 2003.

BUFON, A. G. M.; TAUK-TORNISIELO, S. M.; PIÃO, A. C. S. Relação de nitrogênio e fósforo na microbacia do córrego da Barrinha, Pirassununga. **Boletim Técnico do CEPTA**, v. 15, p. 39–47, 2002.

CAMPANHA, M. B.; MELO, C. A.; MOREIRA, A. B.; FERRARESE, R. F. M. S.; TADINI, A. M.; GARBIN, E. V.; BISINOTI, M. C.; PEREIRA-FILHO, E. R. Variabilidade espacial e temporal de parâmetros físico-químicos nos rios Turvo, Preto e Grande no estado de São Paulo, Brasil. **Química Nova**, v. 33, n. 9, p. 1831–1836, 2010.

CARVALHO, C. D. F.; FERREIRA, A. L.; STAPELFELDT, F. Qualidade das águas do ribeirão Ubá - MG. **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 57, n. 3, p. 165–172, set. 2004.

COZER, S. R.; FRIGO, E. P.; JUNIOR, A. M.; BASTOS, R. K.; THAÍS, C.; CABRAL, A. C. Diagnóstico ambiental da bacia Arroio Ouro Verde. **Revista Cultivando o Saber**, v. 6, n. 1, p. 103–113, 2013.

CPTEC. **Banco de Dados Meteorológicos.** 2011. Disponível em: <<http://bancodedados.cptec.inpe.br>>. Acesso em: 1 jan. 2014.

DANTAS, T. N. P.; MEDEIOS, J. R.; SILVA, S. K.; ARAUJO, A. C. **Determinação da Qualidade da Água da Bacia Hidrográfica do Rio Pirangi Através da Aplicação do Índice de Qualidade de Água (IQA).** In: VII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. **Anais...**Uberlândia, 2009

FOZ DO IGUAÇU. **Inventário da Oferta Turística de Foz do Iguaçu.** Foz do Iguaçu: SMTU, 2013. 216 p.

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

IBGE. **Mapa de Vegetação do Brasil: Escala 1:5.000.000.** 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.

IBGE. **Censo Demográfico 2010.** Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/233J4>>. Acesso em: 1 dez. 2014.

PEIXOTO, R. H. P. B.; OLIVEIRA, D. A.; ARAÚJO, C. C.; BARROS, E. DE O. **Qualidade da água do Rio Tocantins a jusante da Usina Hidrelétrica Serra da Mesa.** In: XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. **Anais...**Cancún: 2002

PERCEBON, C. M.; BITTENCOURT, A. V. L.; ROSA FILHO, E. F. DA. Diagnóstico da Temperatura das Águas dos Principais Rios de Blumenau, SC. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 56, p. 7–19, 24 abr. 2006.

RANNO, S. K.; SILVA, L. S.; MALLMANN, F. J. K. Fracionamento do fósforo inorgânico em solos de várzea do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 1, p. 47–54, 2007.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução à Química Ambiental.** Porto Alegre: Bookman, 2004.

RONCONI, T. A.; FRIGO, E. P.; BASTOS, R. K.; AZEVEDO, K. D.; GATINE, S.; ZANON, E. Caracterização do sedimento de fundo, avaliação da qualidade da água e medição da vazão do Arroio Ouro Verde, Foz do Iguaçu – PR. **Revista Cultivando o Saber**, v. 6, n. 1, p. 128–139, 2013.

SARDINHA, D. DE S.; CONCEIÇÃO, F. T. DA; SOUZA, A. D. G. DE; SILVEIRA, A.; JULIO, M. DE; GONÇALVES, J. C. DE S. I. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do ribeirão do meio, Leme (SP). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 329–338, set. 2008.

SILVA, D. F. DA; SOUSA, F. DE A. S.; KAYANO, M. T. Avaliação dos Impactos da Poluição nos Recursos Hídricos da Bacia do Rio Mundaú (AL e PE). **Revista de Geografia**, v. 24, n. 3, p. 210–223, 2007.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2007. 588 p.

VALDERRAMA, J. C. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. **Marine Chemistry**, v. 10, n. 2, p. 109–122, jan. 1981.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 55–64, jan. 2010.

VASCO, A. N. DO; BRITTO, F. B.; PEREIRA, A. P. S.; MÉLLO JÚNIOR, A. V.; GARCIA, C. A. B.; NOGUEIRA, L. C. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 6, n. 1, p. 118–130, 30 abr. 2011.

VASCONCELLOS, F. C. S.; IGANCI, J. R. V; RIBEIRO, G. A. Qualidade Microbiológica da Água do Rio São Lourenço do Sul, Rio Grande do Sul. **Arq. Inst. Biol.**, v. 73, n. 2, p. 177–181, 2006.

ZUBLENA, J. P.; COOK, M.; CLAIR, M. B. Pollutants In Groundwater: Health Effects. **AG - North Carolina Agricultural Extension Service, North Carolina State University.**, v. Aug, p. 439–451, 1990.