

## **Análise comparativa entre uso e ocupação do solo e qualidade da água na bacia hidrográfica do rio palmital - PR**

Valdir Volochen

Universidade Federal do Paraná - UFPR  
Caixa Postal 19001 – 81531-990 - Curitiba - PR, Brasil  
valdir\_volochen@yahoo.com.br

**Abstract.** The present study has as main objective to relate the use and covering of the soil among the years of 1994 and 2007 with the values of water quality index (WQI) of the same period, regarding the data of the two monitoring stations. The study area comprises the river basin Palmital, located in the metropolitan region of Curitiba, possessing 93,05 km<sup>2</sup> inserted in the following geographical coordinates: West 49° 14' 28" and 49° 05' 27" and South 25° 28' 39" and 25° 16' 23." The rapid urbanization process, a lot of times disordered, brings direct and indirect consequences to the present environmental resources. Of these one of the most prejudiced for the disordered growth and the lack of urban infrastructure are water resources, which if it turns a serious problem, because they are configured as strategic for the society. To perform the mapping and temporal analysis of soil use was chose use the resources of Geotechnology. Thus, through the correlation of data presented by maps and parameter values of WQI was concluded that in the near future, the study area might be dismissed as a source.

**Palavras-chave:** river basin, urbanization, water quality index, bacia hidrográfica, urbanização, índice de qualidade da água.

### **1. Introdução**

O processo de urbanização no mundo tem apresentado expressiva intensificação atingindo índices bastante elevados. De acordo com o UNFPA – Fundo de População das Nações Unidas, o ano de 2008 apresentou 3,3 bilhões de pessoas que passaram a habitar em áreas urbanas.

O rápido processo de urbanização ocorrido no Brasil em meados da década de 1960 e intensificado em suas regiões metropolitanas, em especial a Região Metropolitana de Curitiba – RMC, resultou em redução da qualidade ambiental em áreas urbanas, especialmente nas bacias hidrográficas que se apresentam como espaços antropomorfizados.

O rápido processo de metropolização e periferização da cidade de Curitiba, intensificado no período neoliberal (por volta da década de 1990), gerou uma ampliação das áreas de ocupações irregulares confrontando a cidade legal com a cidade ilegal, refletindo negativamente em vários aspectos: nos sistemas de abastecimento de água, na coleta e tratamento de esgotos, na drenagem urbana, na limpeza pública e na qualidade ambiental.

Devido a estes fatores agravam-se os problemas ambientais dentro do contexto metropolitano de Curitiba, com atenção especial aos recursos hídricos. De acordo com Andreolli (2003) citado em Mendonça e Leitão (2008) “a disponibilidade hídrica na RMC é restrita e, conseqüentemente, o planejamento do uso de seus mananciais deve ser cuidadosamente avaliado”. Atualmente há uma tendência de aumento na demanda devido à pressão do crescimento das cidades. Conforme Mendonça e Leitão (2008) a dificuldade do planejamento preciso dos vetores de expansão da malha urbana e os interesses econômicos em contraponto à necessidade de preservação dos mananciais são dois fatores de conflito para a política ambiental na RMC.

Dentro desta ótica este trabalho foi realizado tendo como objeto de estudo a bacia hidrográfica do rio Palmital (Figura 1), que vem constantemente sendo degradada em função das interferências antropogênicas. Optou-se em trabalhar com levantamento de dados obtidos através da análise das águas e sequencialmente sua comparação com a Resolução n°20 do

Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA do ano de 1986, que classifica as águas doces e estabelece limites para sua utilização, averiguando a qualidade dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Palmital.

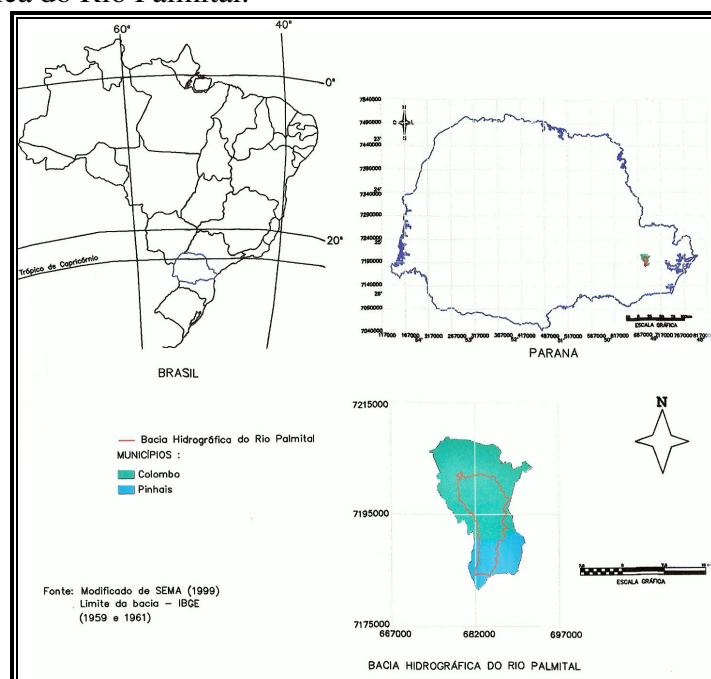


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Palmital

## 2. Metodologia de Trabalho

Com o objetivo de relacionar as informações do uso do solo com os dados do IQA (Índice de Qualidade da Água) a pesquisa foi dividida em três etapas principais: campo, escritório e laboratório.

Na etapa de campo foi realizado o reconhecimento da área, onde foi possível identificar áreas de maior concentração da população, com ocupações irregulares além de identificação dos diferentes usos do solo.

Na etapa de escritório desenvolveu-se pesquisa bibliográfica; estruturação da pesquisa e análise dos resultados. Também em escritório foi feita análise dos dados de IQA elaborados pelo Instituto das Águas do Paraná entre os períodos de 1987 a 2009 que representam os resultados da análise laboratorial das condições físico, química e biológica da água.

Estes parâmetros foram utilizados porque compõem o Índice de Qualidade da Água fornecido os quais estão enquadrados na Resolução nº20 do CONAMA de 1986. Os parâmetros analisados são: Oxigênio Dissolvido, Coliformes Fecais, Potencial Hidrogeniônico (PH), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5), Nitrogênio Total, Fósforo Total, Turbidez, Sólidos Totais e Temperatura da Água.

O Índice de Qualidade da Água, desenvolvido pela National Sanitation Foundation (USA), é obtido através de cálculo por fórmula específica das qualidades estabelecidas para cada parâmetros (SUDERHSA, 1997). A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicado pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, onde têm-se:

- 0 – 25: Péssimo; 26 – 50: Ruim; 51 – 70: Razoável; 71 – 90: Bom; 91 – 100: Ótimo.

Na bacia hidrográfica do rio Palmital há duas estações de coleta para a análise da água, a Estação Embrapa Telemétrica, que possui dados para o período de 1991 ao ano 2001 e a Estação Vargem Grande, que possui dados desde o ano de 1987 até o segundo semestre de 2009. Optou-se pela análise dos resultados de ambas as estações, apesar da Estação Embrapa

não possuir dados recentes, devido às suas localizações em diferentes usos predominantes do solo.

Em etapa de laboratório foi estruturado um banco de dados em ambiente SIG utilizando o *software* SPRING desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Por meio da análise das imagens de satélite LANDSAT ETM+ dos anos de 1994 e 2007 foram elaboradas as cartas de uso e cobertura do solo para os anos citados. Optou-se pela classificação multiespectral supervisionada, onde foram distribuídos pelas imagens retângulos que consistem em pontos de controle, que representam temas específicos da cobertura. Através do comportamento espectral e com a utilização de um interpolador a leitura desta região foi realizada, sendo desta forma interpretados e extrapolados para toda a imagem valores como aqueles identificados no retângulo ou próximo deles.

A elaboração das cartas de uso e cobertura do solo foram realizadas utilizando o interpolador “máxima verossimilhança (maxver)”. Este método considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos. Para que a classificação por máxima verossimilhança seja precisa o suficiente, é necessário um número razoavelmente elevado de “pixels”, para cada conjunto de treinamento (INPE, 2003).

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Uso e Cobertura do Solo (1994)

A identificação classes de uso e cobertura do solo realizou-se com a análise e interpretação das imagens de satélite além da identificação e confirmação das características observadas em campo (Figura 3).

Para o ano de 1994 as classes predominantes de uso do solo é a vegetação com 32,27 km<sup>2</sup> (34,68%), seguido da classe campo/pastagem/cultura com 31 km<sup>2</sup> (33,32%) área urbana com 26,63 km<sup>2</sup> (28,62%). A classe corpos d’água possuía 0,09 km<sup>2</sup> (0,1%) e solo exposto com área de 3,05 (3,28%).

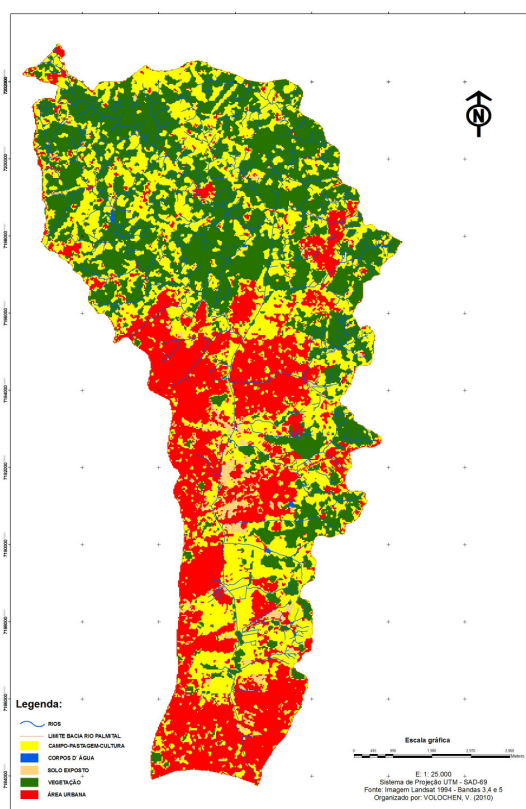


Figura 3 – carta de uso e cobertura do solo (1994) da bacia hidrográfica do rio Palmital

### 3.1.2 Qualidade da Água (1994)

A bacia do rio Palmital está enquadrada na Classe 2 dos parâmetros estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente – Resolução n° 20 de 1986. Os dados utilizados para análise de qualidade da água são provenientes das duas estações de monitoramento. A estação Embrapa, inserida nas coordenadas 25° 19' 19" (Latitude) e 49° 09' 43" (Longitude) e a estação Vargem Grande inserida nas coordenadas 25° 26' 35" (Latitude) e 49° 10' 02" (Longitude), (Figura 4).

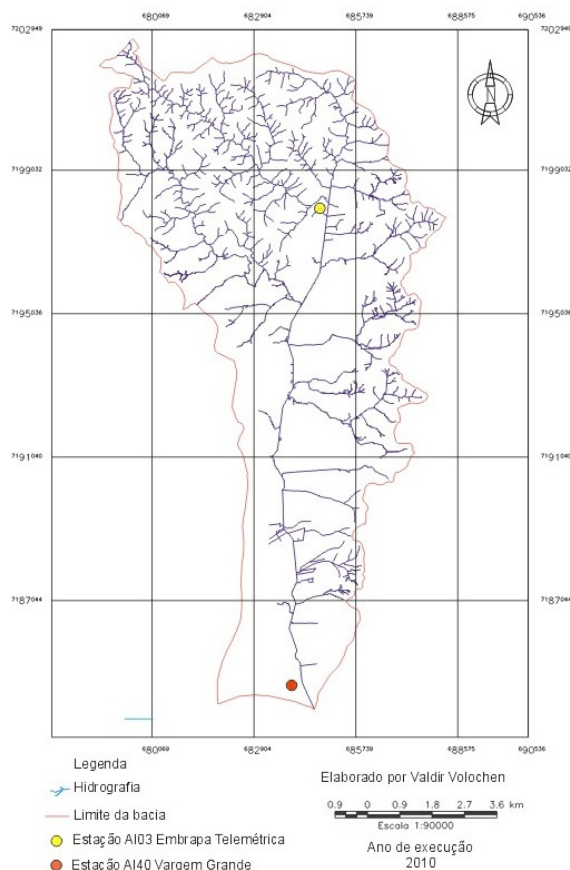


Figura 4 – Localização das estações de qualidade da água.

Os dados de qualidade da água para a estação Al42 Embrapa restringiram-se ao período de setembro de 1991 a dezembro de 2001, já para a estação Al03 Vargem Grande os dados são de março de 1994 a julho de 2007.

Os dados do ano de 1994 da estação Al42 Embrapa Telemétrica foram comparados com os parâmetros da Resolução n° 20 do CONAMA correspondendo aos resultados dos índices de IQA da data de 21 de março de 1994 e 29 de março de novembro de 1994 (Quadro 1).

Observa-se que, tanto para os meses de março quanto novembro do ano de 1994, os parâmetros de coliforme fecal e fósforo total excedem os limites estabelecidos pela Resolução n° 20 do CONAMA. O fósforo total, juntamente com o nitrogênio, constitui-se em um dos principais micro-nutrientes minerais que dão início ao processo de eutrofização em rios, lagos e reservatórios. Sua alteração, maior para o mês de novembro, pode ser proveniente das atividades agrícolas, não descartando o uso do rio como receptor de esgoto sanitário.

Analisando o uso e ocupação do solo próximo a estação, tem-se um número maior de área de vegetação, áreas agrícolas e área urbana apresentando um padrão descontínuo, sendo mais constante na margem da bacia, porção leste à estação.

Em relação ao índice coliformes fecais, para o mês de março este índice atingia 70.000 NMP/100 ml (Número Mais Provável por 100 ml), já para o mês de novembro este índice é

elevado para 80.000 NMP/100 ml, sendo o estipulado pela Resolução nº20 um limite de 500 coliformes fecais por 100 ml para contato primário.

Quadro 1 – Comparativo dos dados de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Palmital para o ano de 1994 – Estação A142 Embrapa Telemétrica

Parâmetros	21/03/1994	29/11/1994	Limites CONAMA para a classe 2
OD (MG/l)	8,30	6,80	Não inferior a 5 mg/l O <sub>2</sub>
Coliforme fecal NMP/100ml)	70.000*	80.000*	Para uso de recreação de contato primário máximo de 500 coliformes fecais por 100 ml. Para demais usos não exceder o limite de 1000 coliformes fecais por 100 ml.
pH	7,6	7,5	6,0 a 9,0
DBO/5 20°C (MG/l)	3,00	4,00	Até 5 mg/l O <sub>2</sub>
NIT-TOT (mg/L)	2,13	4,14	Parâmetro não referenciado
FOSF-TOT (mg/L P)	0,086*	0,140*	Até 0,025 mg/IP
TURB (NTU)	8,9	29,0	Até 100 unidades nefelométricas de turbidez
SOL_TOT (mg/L)	152	290	Até 500 mg/l
TEMP (°C)	21	21	Parâmetro não referenciado
IQA	55	49	Limites para rios de classe 2

FONTE: Instituto das Águas do Paraná. - \* Excede os limites da classe

O valor do IQA para o mês de março de 1994 caracteriza as águas da bacia do rio Palmital como RAZOÁVEL (IQA 51 a 70) e para o mês de novembro como RUIM (IQA 26 a 50).

Para a estação A1 03 Vargem Grande o parâmetro demanda bioquímica de oxigênio (DBO5) apresenta um índice elevado de um período para outro (Quadro 2), indicando aumento de matéria orgânica no corpo hídrico. O fósforo total apresenta índices acima do estabelecido pela resolução, provavelmente pelo uso de fertilizantes na agricultura e lançamento de esgotos domésticos e industriais. O parâmetro coliformes fecais para ambos os períodos ultrapassa os limites para a classe, havendo uma queda nos valores, entretanto estando ainda acima do permitido.

Em análise do uso e ocupação próximo e a montante da estação A103, observa-se que havia a predominância da área urbana nas proximidades da estação. Já a montante, havia predominância da tipologia campo/pastagem/cultura em ambas as margens do rio Palmital. Pequenas porções de áreas urbanas apareciam na margem esquerda, a montante da estação e fragmentos de vegetação apareciam na margem direita do rio circundada por áreas agrícolas. A alteração da DBO5 está associada às áreas urbanas presente a montante e nas proximidades da estação. O aumento do fósforo total é proveniente das áreas agrícolas e também devido ao lançamento de esgotos.

O valor do IQA para o mês de março de 1994 caracteriza as águas do rio Palmital como RUIM (IQA 26 a 50), para o mês de setembro as águas do rio são caracterizadas como RUIM (IQA 26 a 50).

Quadro 2 – Comparativo dos dados de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Palmital para o ano de 1994 – Estação A103 Vargem Grande

Parâmetros	21/03/1994	29/11/1994	Limites CONAMA para a classe 2
OD (MG/l)	5,90	5,50	Não inferior a 5 mg/l O <sub>2</sub>
Coliforme fecal (NMP/100ml)	900.000*	80.000*	Para uso de recreação de contato primário máximo de 500 (NMP/100 ml). Demais usos não exceder 1000 (NMP/100 ml).
pH	7,3	7,1	6,0 a 9,0
DBO/5 20°C (MG/l)	7,0*	10,0*	Até 5 mg/l O <sub>2</sub>
NIT-TOT (mg/L)	3,56**	5,86**	Parâmetro não referenciado
FOSF-TOT (mg/L P)	0,334*	0,456*	Até 0,025 mg/IP
TURB (NTU)	13,0	27,0	Até 100 unidades nefelométricas de turbidez (UNT)
SOL_TOT (mg/L)	22	21	Até 500 mg/l
TEMP (°C)	47	45	Parâmetro não referenciado
IQA	47	45	Limites para rios de classe 2

FONTE: Instituto das Águas do Paraná. - \* Excede os limites da classe \*\* Valores estimados

### 3.2 Uso e Cobertura do Solo (2007)

Para o ano de 2007 as classes predominantes de uso do solo são a área urbana (33,7 km<sup>2</sup>), vegetação (28,63 km<sup>2</sup>) e campo/pastagem/cultura (27,88 km<sup>2</sup>) – Quadro 3 e Figura 5.

Quadro 3 – Distribuição espacial e proporcional das classes de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do rio Palmital (2007)

USO DO SOLO DA BACIA DO RIO PALMITAL (2007)		
TIPOLOGIA	Km <sup>2</sup>	%
Área urbana	33,7	35,99
Campo/pastagem/cultura	27,88	29,77
Corpos d'água	0,36	0,38
Vegetação	28,63	30,57
Solo exposto	3,07	3,28

A área de vegetação teve um decréscimo devido ao aumento e consolidação da área urbana e também ao aumento da tipologia campo/pastagem/cultura na porção norte. Conforme (Quadro 5) a classe área urbana teve um aumento de 7,07 km<sup>2</sup> no período analisado, aumento de 7,37%, concentrando-se na porção centro-sul da bacia. A tipologia campo/pastagem/cultura teve um declínio de 3,12 km<sup>2</sup> (-3,55% de área). Esta tipologia cedeu lugar, principalmente, para a classe área urbana onde houve um avanço desta área sobre campo/pastagem/cultura na porção centro-sul. A vegetação teve um decréscimo de 3,64 km<sup>2</sup> (-4,11% de área), cedendo lugar para área urbana na porção sul e norte e para campo/pastagem/cultura na porção norte.

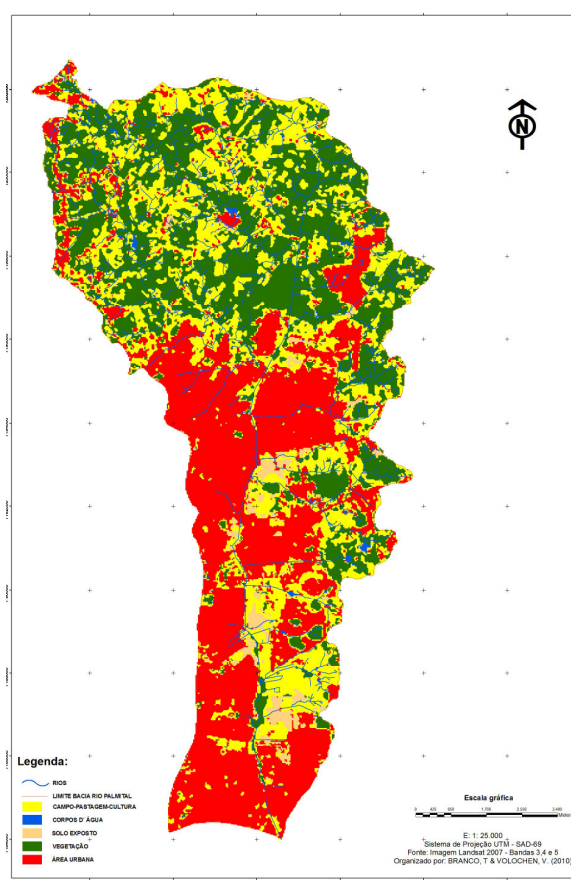


Figura 5 – carta de uso e cobertura do solo (2007) da bacia hidrográfica do rio Palmital.

A área de vegetação teve um decréscimo devido ao aumento e consolidação da área urbana e também ao aumento da tipologia campo/pastagem/cultura na porção norte. Conforme (Quadro 5) a classe área urbana teve um aumento de 7,07 km<sup>2</sup> no período analisado, aumento de 7,37%, concentrando-se na porção centro-sul da bacia. A tipologia campo/pastagem/cultura teve um declínio de 3,12 km<sup>2</sup> (-3,55% de área). Esta tipologia cedeu lugar, principalmente, para a classe área urbana onde houve um avanço desta área sobre campo/pastagem/cultura na porção centro-sul. A vegetação teve um decréscimo de 3,64 km<sup>2</sup> (-4,11% de área), cedendo lugar para área urbana na porção sul e norte e para campo/pastagem/cultura na porção norte.

Quadro 5 – Distribuição espacial dos temas de uso e cobertura do solo para os anos de 1994 e 2007

TIPOLOGIAS	1994		2007	
	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentagem (%)	Área (km <sup>2</sup> )	Porcentagem (%)
Área urbana	26,63	28,62	33,7	35,99
Campo/pastagem/cultura	31	33,32	27,88	29,77
Corpos d' água	0,09	0,1	0,36	0,38
Vegetação	32,27	34,68	28,63	30,57
Solo exposto	3,05	3,28	3,07	3,28

### 3.2.1 Qualidade da Água (2007)

Para o mês de março de 2007 o oxigênio dissolvido extrapola os índices para a classe conforme (Quadro 6). Baixos teores de OD podem indicar que houve intensa atividade bacteriana decompondo matéria orgânica lançada na água.

Quadro 6 – Comparativo dos dados de qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Palmital para o ano de 2007 – Estação AI03 Vargem Grande

Parâmetros	08/03/2007	04/07/2007	Limites CONAMA para a classe 2
OD (MG/l)	2,80*	3,50*	Não inferior a 5 mg/l O <sub>2</sub>
Coliforme fecal (NMP/100ml)	500.000*	700.000*	Para uso de recreação de contato primário máximo de 500 coliformes fecais por 100 ml. Para demais usos não exceder o limite de 1000 coliformes fecais por 100 ml.
pH	7,3	7,5	6,0 a 9,0
DBO/5 20°C (MG/l)	15,00*	17,00*	Até 5 mg/l O <sub>2</sub>
NIT-TOT (mg/L)	9,34	19,7	Parâmetro não referenciado
FOSF-TOT (mg/L P)	0,650*	1,300*	Até 0,025 mg/lP
TURB (NTU)	11,0	16,0	Até 100 unidades nefelométricas de turbidez (UNT)
SOL_TOT (mg/L)	162	179	Até 500 mg/l
TEMP (°C)	23	12	Parâmetro não referenciado
IQA	33	29	Limites para rios de classe 2

FONTE: Instituto das Águas do Paraná. - \* Excede os limites da classe

A DBO é um parâmetro que indica a quantidade de oxigênio necessária à respiração de microrganismos aeróbios, para consumirem a matéria orgânica introduzida na forma de esgotos ou de outros resíduos orgânicos (MOTA, 1995). Assim, quanto maior o grau de poluição, maior a DBO. Para o mês de março este índice encontra-se em 15,00 mg/lO<sub>2</sub>, já para julho atinge 17,00 mg/lO<sub>2</sub> estando acima dos limites para a classe. O índice coliformes fecais para o mês de março atinge 500.000 NPM/100ml e no mês de julho 700.000 NMP/l, sendo causado principalmente pelo lançamento de esgotos sanitários ao longo do percurso do rio. O fósforo total também apresentou valores excedentes ao limite estipulado causado principalmente pelas descargas de esgotos sanitários e industriais.

Em relação ao uso e ocupação do solo nas proximidades e a montante da estação AI03 tem-se a predominância da área urbana. A montante a área urbana estende-se em toda a

margem direita do rio Palmital, aparecendo pequenos fragmentos de campo/pastagem/cultura intercalados com fragmentos de vegetação e solo exposto.

O valor do IQA para o ano de 2007 é de 33 classificando as águas como RUIM (IQA 26 a 50). O fato da piora no quadro da qualidade da água deve-se principalmente às ocupações irregulares encontradas em diversos pontos da bacia onde há falta de infraestrutura de coleta e tratamento de esgoto.

#### **4. Conclusão**

O levantamento dos dados e análises feitas neste trabalho foi possível por meio de técnicas de geoprocessamento que possibilitaram o mapeamento do uso do solo para relacionar com as informações dos parâmetros de qualidade da água.

Com relação ao uso do solo, constatou-se que a classe com o maior número de área entre os anos de 1994 a 2007 foi a área urbana que teve um aumento de 7,4 km<sup>2</sup>. A classe campo/pastagem/cultura teve uma perda de 3,1 km<sup>2</sup>. Entretanto essa perda ocorreu na porção sul da bacia, onde ocorreu a expansão da classe área urbana. Já ao norte houve um acréscimo desta tipologia refletindo na perda da área de vegetação (3,64 km<sup>2</sup>). Esta expansão desordenada da área urbana e áreas agrícolas refletem diretamente na qualidade da água como analisado. O uso de fertilizantes em áreas agrícolas, a falta de infra-estrutura sanitária e a falta de fiscalização em indústrias potencialmente poluidoras ameaçam a qualidade hídrica da bacia que integra áreas de mananciais.

Pelo resultado das análises, verifica-se que a água da bacia do rio Palmital pode, num futuro próximo vir a ser descartado como manancial. Conforme a Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) a coleta da água é feita na estação Vargem Grande, onde é realizado o tratamento e distribuição. Em contrapartida, caso não haja planejamento e monitoramento das atividades que comprometem a qualidade das águas, o rio pode deixar de ser classificado como Classe 2.

Foi constatado que quatro parâmetros excederam o limite estipulado pelo CONAMA: o oxigênio dissolvido, coliforme fecal, demanda bioquímica de oxigênio e fósforo total, todos estão relacionados aos principais usos do solo verificados na bacia hidrográfica, tendo uma relação direta do uso e cobertura do solo com a qualidade da água.

#### **Referências bibliográficas**

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n° 20**. Disponível em [http://www.aguasdoparaopeba.org.br/arquivos/doc\\_resolucao\\_\\_25664.pdf](http://www.aguasdoparaopeba.org.br/arquivos/doc_resolucao__25664.pdf), acesso em 15 de junho de 2010.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **SPRING Release 4.0**. São Paulo, 2003, conceitos cartográficos.

MENDONÇA, F. A., LEITÃO, S. A. M. **Riscos e vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos**. GeoTextos, vol. 4, n. 1 e 2, 2008.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. 2ª ed. – Rio de Janeiro: ABES, 1995. 200p.

MOURA, R.; ULTRAMARI, C. **Metrópole: grande Curitiba: teoria e prática**. Curitiba: IPARDES, 1994. 220 p.