

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA GESTÃO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Jomil Costa Abreu Sales*; Roberto Wagner Lourenço; Darllan Collins da Cunha e Silva; Fabíola Magalhães Andrade

*Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP) – Campus de Sorocaba-SP; jomilc@gmail.com

RESUMO

A escassez dos recursos hídricos, bem como a não constatação de sua qualidade têm sido itens de debate na atualidade, sobretudo, quando as informações relacionam-se a impactos diretos ao ambiente e a sociedade. Assim, o propósito deste trabalho foi analisar a qualidade da água do Córrego Vila Rica em dois pontos, a partir do Uso e Ocupação do Solo e o Índice de Qualidade das Águas (IQA), promovendo comparação com os parâmetros disponíveis na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) No. 357/2005; a obtenção do Mapa de Uso e Ocupação do Solo se deu a partir da utilização de imagens do satélite *Landsat 5 TM*. A metodologia de amostragem e análise da qualidade das águas seguiu procedimentos indicados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), onde se deu a análise de nove parâmetros, além do cálculo do IQA. A existência de pouca vegetação nas proximidades do curso de água estudado é um fator potencial no que se refere à sedimentação do curso hídrico, impactando de forma negativa a qualidade da água disponibilizada no sistema. Em relação ao IQA, os resultados apurados foram classificados como “Bons” segundo seus critérios de formulação, no entanto, a análise independente dos parâmetros demonstrou baixos níveis de oxigênio dissolvido indicando elevada presença de matéria orgânica e alto nível de condutividade, fato que infere possível modificação na composição química e características corrosivas das águas.

PALAVRAS-CHAVE: IQA, geoprocessamento, bacia hidrográfica.

INTRODUÇÃO

A ocupação territorial em zonas urbanizadas desencadeia interferência direta em elementos naturais da paisagem, como rios, córregos e afluentes (sobretudo, os que estão parcial ou integralmente localizados em áreas densamente urbanizadas). O grau de impacto ocorrido nestes elementos, geralmente demonstra caráter negativo, em decorrência de intenso aumento da população instalada em espaços irregulares, geração de resíduos potencialmente contaminantes, ou ainda, pela instalação de ícones do setor produtivo (como indústrias) em busca de matéria e energia (ABDALA; CASTRO, 2010; CHEAVEGATTI-GIANOTTO *et al.*, 2011).

Segundo Philippi Jr. e Silveira (2005) a conformação espacial dos recursos hídricos, das nascentes até o mar, forma um sistema progressivamente mais complexo, tanto no aspecto natural como no aspecto antrópico. No aspecto natural, os corpos d'água vão agregando-se e transformando-se ao longo do caminho pelas bacias hidrográficas; essas transformações são resultado das interações da água com as rochas, o solo, a vegetação e a fauna, promovendo alterações em nível de quantidade e qualidade ao longo do percurso. Por outro lado, as interações de cultura humana agregam mais complexidade aos recursos hídricos, pela capacidade de transformação que as atividades antrópicas podem promover por variadas formas de apropriação dos recursos naturais, causando degradação do meio ambiente, por meio de agrupamento de efluentes domésticos, industriais e cargas difusas, urbanas e agrícolas, condicionando as características da qualidade da água.

A respeito da temática de qualidade da água, considerando-a em sua origem e composições químicas distintas, influenciado por aspectos da geologia e pedologia local, sofre interações químicas complexas que são peculiares a cada bacia hidrográfica e, no interior de cada uma delas, suas sub-bacias; assim, as modificações produzidas pelas atividades humanas também contribuem para a alteração na composição química das águas naturais. Pode-se, portanto, afirmar que a composição química das águas naturais que drenam todas as bacias hidrográficas dos continentes é o resultado de um conjunto de processos químicos e da interação que ocorre entre os sistemas terrestres, aquáticos e a atmosfera (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

Outra problemática recorrente concentra-se em regiões com alto índice de urbanização, que não obstante, superam a capacidade do meio em dissipar poluentes e recarregar o sistema hídrico de forma efetiva, conduzindo a deterioração de mananciais, solo, ar, flora e fauna; para os seres humanos, a baixa oferta de serviços adequados de saneamento eleva os

gastos com saúde, além da permanência de focos doenças de veiculação hídrica (CAMPANILI; SCHAFFER, 2010; BERNARDI *et al.*, 2011).

Com a intensificação de práticas expansionistas desordenadas e com o mau uso do solo, sobreveio o interesse pelo entendimento e pelas causas das catástrofes ambientais; conseqüentemente, o homem começou a associar suas práticas e reflexões, direcionando-as ações de proteção ao solo e aumento da capacidade produtiva. Desta forma, o planejamento do uso do solo pode ser entendido como um conjunto de técnicas que, quando aplicadas corretamente, protegem o solo prolongando seu potencial (DAINESE, 2001; BOLFE, 2010).

A interpretação relacionada aos levantamentos de solo tem obtido como principal resultado a elaboração de mapas da capacidade de uso, sendo este sistema uma classificação técnica interpretativa que representa um agrupamento das unidades pedológicas, tomando por base características e propriedades selecionadas, tais como fatores que concernem em classificação de unidades sistemáticas, delimitação de limites, arranjos de mapas e previsão do comportamento em diferentes aplicações (PIROLI, 2002). O geoprocessamento vem se tornando uma importante ferramenta de auxílio nesses projetos. As áreas normalmente abrangidas por estes projetos, bem como o grande número de variáveis contempladas, fazem do geoprocessamento, o principal recurso para o manuseio das grandes bases de dados envolvidas, seja elas de natureza espacial ou não (PEREIRA *et al.*, 1995; CÂMARA e MEDEIROS, 1998). Embora, muitos projetos de ordenamento territorial não apresentem um planejamento, por vezes devido à falta de capacidade técnica e outras por falta de vontade política e recursos financeiros.

Assim sendo, a falta de planejamento e de visão ambiental integrada e sustentável no desenvolvimento de projetos nessa área, aliada a inexistência de uma entidade específica para controle e gestão de atividades e mesmo obras de drenagem, constitui a causa principal do estado caótico em que se encontram os sistemas de drenagem nas principais cidades brasileiras (BARROS, 2005). Sendo assim, este trabalho teve por objetivo estudar a influência do uso e ocupação do solo de um manancial urbano sobre a qualidade da água por meio de técnicas de geoprocessamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo é a Bacia Hidrográfica do córrego Vila Rica, situada no município de Sorocaba, região sudeste do interior do Estado de São Paulo, pertencente a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Sorocaba/Médio Tiete. Segundo o Plano Diretor de Sorocaba, a área da bacia é classificada como Zona com Moderadas Restrições à Urbanização.

Para este estudo foi utilizado o Índice de Qualidade das Águas (IQA) criado em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation*, o qual passou a ser utilizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) a partir de 1975 para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são: oxigênio dissolvido (OD); coliformes termotolerantes; Potencial hidrogeniônico (pH); demanda bioquímica de oxigênio (DBO); temperatura da água; nitrogênio total; fósforo total; turbidez e resíduo total (ANA, 2009).

Os valores dos parâmetros OD, temperatura, pH e condutividade foram obtidos através de testes realizados *in situ*, enquanto que, para os parâmetros resíduos totais, DBO, turbidez, nitrogênio total, fósforo total e coliformes, os testes foram realizados em ambiente laboratorial. Os valores dos parâmetros para estes testes foram os estabelecidos pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) N^o. 357/2005. Para o cálculo do IQA foi considerado o produto ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice, conforme a equação 1:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Equação (1)

Onde:

- IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;
- q_i : qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida;
- w_i : peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade,
- n : número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

Assim, para composição do IQA foram empregados dados do primeiro parâmetro – OD – com unidades pautadas em mg/L; o oxigênio é um gás pouco solúvel em água e a sua solubilidade depende da pressão, temperatura e sais dissolvidos, quando normalmente a concentração de saturação está em torno de 8 mg/L a 25°C entre 0 e 1.000 m de altitude. A adição de matéria orgânica nos cursos d'água consome oxigênio dos mesmos, através da oxidação química e principalmente da bioquímica, via respiração dos microrganismos, depurando a matéria orgânica, tendo como pressuposto que a poluição orgânica de um curso d'água pode ser avaliada pelo decréscimo da concentração de oxigênio dissolvido e/ou pela concentração de matéria orgânica em termos de concentração do componente necessário para oxidá-la (VALENTE *et al.*, 1997).

O segundo parâmetro estudado se refere aos coliformes termotolerantes (com mensuração unitária baseada no teste do número mais provável – NMP – ou “tubos múltiplos”) que são definidos como microrganismos do grupo coliforme capazes de fermentar a lactose a 44-45°C, sendo representados principalmente pela *Escherichia coli* e também por algumas bactérias dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. Dentre esses microrganismos, somente a *E. coli* é de origem exclusivamente fecal, estando sempre presente, em densidades elevadas nas fezes de humanos, mamíferos e pássaros, sendo raramente encontrada na água ou solo que não tenham recebido contaminação fecal. Os demais podem ocorrer em águas com altos teores de matéria orgânica, como por exemplo, efluentes industriais, ou em material vegetal e solo em processo de decomposição. Podem ser encontrados igualmente em águas de regiões tropicais ou subtropicais, sem qualquer poluição evidente por material de origem fecal. Entretanto, sua presença em águas de regiões de clima quente não pode ser ignorada, pois não pode ser excluída, nesse caso, a possibilidade da presença de microrganismos patogênicos (CETESB, 2014).

O terceiro parâmetro se refere aos valores de pH utilizados no IQA, que por sua vez, indicam acidez, neutralidade ou basicidade em um meio aquoso. Com isso, a escala de pH está relacionada com a concentração de íons hidrogênio (H^+ ou H_3O^+) presentes na solução. Essa escala varia de 0 a 14, sendo que para valores inferiores a 7 a solução é considerada ácida, enquanto que, para valores iguais a 7 caracteriza soluções neutras e para valores maiores que 7 são para soluções básicas (BONTURIM, 2008).

O quarto parâmetro considerado é a DBO (com unidades pautadas em mg/L) que representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água através da decomposição microbiana aeróbia; o cálculo se pauta na quantidade de oxigênio consumido durante 5 dias em temperatura de 20°C. Valores altos para tais condições em um corpo d'água são provocados pelo lançamento de cargas orgânicas, principalmente esgotos domésticos. A ocorrência de altos valores deste parâmetro causa uma diminuição dos valores de oxigênio dissolvido na água, o que pode provocar mortandades de peixes e eliminação de outros organismos aquáticos (ANA, 2009).

Para análise do quinto parâmetro, observa-se a temperatura (com unidades pautadas em °C), sendo esta avaliada a partir de cálculos pertinentes à medida de intensidade de calor (ou energia térmica em trânsito, que indica o grau de agitação das moléculas), tratando-se de uma característica física das águas, que interfere em outros parâmetros como o oxigênio dissolvido e o pH (PÁDUA, 2011).

O sexto parâmetro é o nitrogênio total (com unidades pautadas em mg/L). Sua presença em águas naturais é dada em diversas formas, por meio dos esgotos sanitários que constituem, em geral, a principal fonte de lançamento, seguida pelas indústrias, bem como em áreas agrícolas, por meio do escoamento de águas pluviais por solos fertilizados, e em áreas urbanas via drenagem de águas pluviais, associada às deficiências do sistema de limpeza pública. Com isso, o nitrogênio pode ser encontrado nas águas em forma de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato, sendo as duas primeiras formas classificadas como reduzidas e as duas últimas, oxidadas com a possibilidade de promover associação às etapas de degradação da poluição orgânica conforme relação entre as formas de nitrogênio distintas (CETESB, 2014).

Já o fósforo total, sétimo parâmetro de análise (com unidades pautadas em mg/L), é classificado como sendo o principal fator limitante da produtividade das águas continentais, devido a sua participação em processos fundamentais no metabolismo dos seres vivos, como o armazenamento de energia e a formação da membrana celular; responsabilizado igualmente pela eutrofização das águas, a substância proporciona o aumento do metabolismo das algas e outros organismos (BELTRÃO, 2010).

O oitavo parâmetro é representado pela turbidez (pautadas em Unidades de Turbidez Formazina – sigla em inglês FTU) que indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. Esta atenuação ocorre pela absorção e espalhamento da luz causada pelos sólidos em suspensão (silte, areia, argila, algas, detritos, etc). A principal fonte de

turbidez é a erosão dos solos, quando na época das chuvas as água pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os corpos d'água (ANA, 2009).

E por fim, o nono parâmetro encontra-se na análise de resíduo total (com unidades pautadas em mg/L), avaliado a partir da matéria que permanece após a evaporação, secagem ou calcinação da amostra de água durante determinado tempo e temperatura; dessa forma, quando os resíduos sólidos se depositam no leito de corpos d'água podem causar assoreamento, ação geradora de problemáticas para a navegação, além do aumento do risco de enchentes e consequentes danos à vida aquática (ANA, 2009).

Para complemento e dinamização da análise, considerou-se junto aos parâmetros citados, a condutividade da água (níveis superiores a $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ indicam ambientes impactados, ou seja, $0,1 \text{ mS cm}^{-1}$), que é explicada por meio de uma expressão numérica que demonstra a capacidade de água na condução de corrente elétrica. Dependente de concentrações iônicas e temperatura, a condutividade indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água e, portanto, representa uma medida indireta para estimativas de concentração para poluentes (CETESB, 2014). A condutividade também possibilita identificar agentes modificadores em corpos hídricos, no que diz respeito à composição, especialmente em termos de concentração mineral não fornecendo, no entanto, indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta, sendo que altos valores podem indicar características corrosivas da água. (COLUNA *et al.*, 2007).

Os parâmetros foram amostrados em dois pontos distintos, localizados respectivamente nas coordenadas UTM longitude 251.579, latitude 7.400.725 (ponto 1) e longitude 253.407, latitude 7.399.500 (ponto 2) no Datum SAD69. A coleta foi realizada com aproximadamente 2,0 litros em uma garrafa plástica, 250 mililitros (ml) no frasco âmbar (DBO) e 500 ml em frasco cristal esterilizado (coliformes), para cada ponto de análise; no próprio local, analisou-se in situ o OD, a temperatura, o pH e a condutividade com o uso de instrumentos como oxímetro, termômetro, peagâmetro e condutímetro, respectivamente. Já a prática de laboratório seguiu os procedimentos pautados na metodologia padronizada para análises de água e esgoto da *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, referência em técnicas de análise da qualidade água.

O estudo atribuído a análise de uso e ocupação do solo busca promover a investigação sobre a expansão desordenada e o uso indevido do solo, como aspectos amplos, uma vez que a decorrente retirada das matas ciliares pode ocasionar o assoreamento nos canais de drenagem e o seccionamento dos canais naturais, assim como a contaminação por lixo e agroquímicos (PIROLI, 2002). No que se refere à geração do Mapa de Uso e Ocupação do Solo foram utilizadas imagens de satélite do sensor *Landsat 5 TM* órbita ponto 220/76, do ano de 2013; a aquisição das imagens se deu junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

A base cartográfica digital componente do trabalho foi adquirida junto a Prefeitura Municipal de Sorocaba, na escala de 1:10.000, em formato vetorial, contendo, entre outras informações, a hidrografia e a infraestrutura urbana.

Por meio de imagens georreferenciadas foi gerada uma composição colorida (ou falsa-cor) utilizando-se as bandas 2, 3 e 4, respectivamente verde, azul e infravermelho; na sequência foi efetuado o comando de classificação supervisionada, no qual foram definidas as assinaturas espectrais de categorias de uso do solo conhecidas, associando cada pixel da imagem à assinatura com maior similaridade por meio do método da máxima verossimilhança no sistema de informação geográfica (SIG) *Idrisi 32* (EASTMAN, 2006).

Ao final deste procedimento obteve-se o mapa temático com as classes de uso e ocupação do solo, pertinentes à análise de variabilidade e qualidade em relação à presença do recurso hídrico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base no Mapa de Uso e Ocupação do Solo (Figura 1), observa-se que a área de estudo esta coberta em sua maior parte por áreas edificadas, com pequenas faixas de vegetação e pastagens no entorno dos rios. Possui ainda alguns pontos de agricultura isolados próximos aos recursos hídricos, o que agrava a situação na Bacia Hidrográfica. Em relação ao Córrego Vila Rica, observa-se grandes faixas de pastagens e áreas edificadas, com uma pequena presença de vegetação na sua foz, na desembocadura com o Rio Sorocaba. Ainda, segundo o Plano Diretor de Sorocaba de 2007 a área do Córrego Vila Rica é classificada como Zona com Moderadas Restrições à Urbanização devido à área pertencer a bacias de drenagens densas (PMS, 2014).

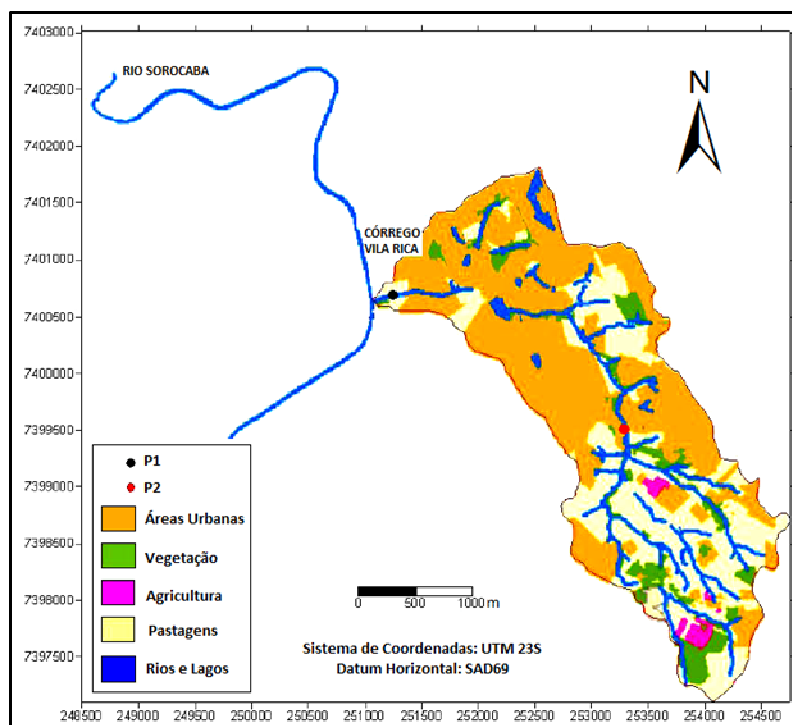


Figura 1. Mapa de Uso e Ocupação do Solo da área de estudo.

A Tabela 1 apresenta os resultados dos parâmetros utilizados no cálculo do IQA.

Tabela 1. Resultados dos parâmetros analisados nos pontos 1 e 2.

Parâmetros	Ponto 1			Ponto 2		
	Resultados	Qualidade	Peso Correspondente	Resultados	Qualidade	Peso Correspondente
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	280	38	0,1	110	40	0,1
pH	7	91	0,12	7,3	92	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)	3,7	62	0,1	3,6	65	0,1
Nitrogênio Total (mg/L)	0,1	98	0,1	0	100	0,1
Fósforo Total (mg/L)	0	100	0,1	0	100	0,1
Variação da Temperatura (°C)	1	90	0,1	-1	90	0,1
Turbidez (FTU)	21	60	0,08	22	59	0,08
Resíduo Total (mg/L)	206	73	0,08	197,04	78	0,08
Oxigênio Dissolvido (% sat)	54	52	0,17	55,4	50	0,17

Os valores calculados para o IQA dos pontos 1 e 2 são respectivamente, 56,4 e 56,8. Esses valores encontram-se entre 51 e 79, o que indica que a qualidade da água é boa. Porém, ao analisar cada parâmetro separadamente com os valores limites definidos pela CONAMA 357/05 (Tabela 2), verifica-se que há dois parâmetros fora dos padrões estabelecidos para um rio Classe 2, ou seja, o córrego analisado apresenta baixa concentração de oxigênio dissolvido e alta condutividade. Ressalta-se que na Tabela 2, é apresentado, também, os valores obtidos para condutividade, parâmetro não utilizado na fórmula do IQA, mas importante para avaliar as características da água.

Tabela 2. Comparação dos valores amostrados com os limites definidos pela CONAMA 357/05.

Parâmetros	Ponto 1	Ponto 2	Resolução CONAMA 357/05
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	280	110	2500
pH	7	7,3	De 6 a 9
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)	3,7	3,6	3,7 mg/L para pH≤7,5
Nitrogênio Total (mg/L)	0,1	0	0,1
Fósforo Total (mg/L)	0	0	500
Turbidez (FTU)	21	22	Até 100 FTU
Resíduo Total (mg/L)	206	197,04	500
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	4,6	4,7	Não inferior a 5 mg/L
Condutividade (mS/cm)	0,31	0,3	0,1 *(CETESB, 2013)

Com isso, pode-se afirmar que o córrego apresenta poluição de esgoto devido à baixa concentração de OD, resultado da ação de bactérias aeróbias na presença de matéria orgânica. Em relação aos valores obtidos da condutividade da água, é resultado do aumento de sólidos dissolvidos, o que indica uma modificação na composição da água podendo apresentar características corrosivas.

CONCLUSÃO

Através da análise do mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal no entorno do córrego Vila Rica foi possível estimar o desenvolvimento espacial do uso e cobertura vegetal. Desta forma, a elaboração dos mapas de uso do solo e cobertura vegetal da área de estudo possibilitou verificar que, há existência de pouca vegetação nas proximidades do córrego. Isto é fator potencial no que se refere à sedimentação do curso hídrico, ao agravamento de cheias e comprometimento na recarga de mananciais (águas subterrâneas), impactando de forma negativa a qualidade da água disponibilizada no sistema.

Em relação ao IQA, os resultados apurados foram classificados como “Bons” segundo seus critérios de formulação. Porém ao analisar de forma independente cada um dos parâmetros que o compõe foi observado que o OD e a condutividade não estão em conformidade com a legislação ambiental vigente, podendo-se concluir que o IQA não é um índice totalmente eficiente para a avaliação da qualidade da água em áreas com elevada variabilidade de usos do solo como demonstrado neste trabalho.

Assim sendo, o estudo salienta a necessidade de aumento e consequente preservação da vegetação ripária, coleta e tratamento de efluentes, bem como o manejo adequado no que diz respeito ao uso e ocupação do solo na área; a observância de tais fatores potencializarão positivamente os fatores relacionados ao gerenciamento do recurso hídrico em questão, visando à sustentabilidade do mesmo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABDALA, K. O.; CASTRO, S. S. Dinâmica de uso do solo da expansão sucroalcooleira na microrregião meia ponte, Estado de Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 62/04, p. 661- 674, 2010.
2. Agência Nacional de Águas – ANA. **Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas**. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndexQA.aspx>>. Acesso em: 04 maio 2014.
3. BARROS, M. T. L. Drenagem urbana: bases conceituais e planejamento. In: Philippi Jr, A. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri: Manole, p.221-266, 2005.
4. BELTRÃO, D. D. Influencia da concentração de fósforo total na qualidade da água do reservatório de Itaparica. In: X Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão. Recife. **Anais**. UFRPE, 2010.

5. BERNARDI, Francieli Helena; LOPES, Carla Limberger; AMARAL, Luciana; FULBER, Vanice. Propostas de Adequação Ambiental de Propriedade Rural. **Revista Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 8, n. 3, 2011, p. 183-195.
6. BOLFE E. L. **Desenvolvimento de uma metodologia para a estimativa de biomassa e de carbono em sistemas agroflorestais por meio de imagens orbitais**. Campinas, 2010. 232f. Tese (Doutorado em Geografia/ Área de Concentração em Análise Ambiental e Dinâmica Territorial) Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas.
7. BONTURIM, E. **Métodos e técnicas de medidas de pH em soluções**. Universidade Ibirapuera. Instituto de Química, São Paulo, 2008.
8. CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: Assad, E.D.; SANO, E.E. **Sistema de informações geográficas aplicações na agricultura**. 2 ed. Brasília: Embrapa, 1998. p. 3 – 11, a.
9. CAMPANILI, Maura; SCHAFFER, Wigold Bertoldo. **Mata Atlântica: Manual de Adequação Ambiental**. Brasília/DF: Ministério do Meio Ambiente/Sociedade Brasileira de Florestas, 2010.
10. CHEAVEGATTI-GIANOTTO, Adriana et al. Sugarcane (*Saccharum X officinarum*): a reference study for the regulation of genetically modified cultivars in Brazil. **Tropical plant biology**, v. 4, n. 1, p. 62-89, 2011.
11. COLUNA, N. M. E.; DIAS, H. C. T.; PINHEIRO, J. A. C. Análise temporal e espacial da qualidade da água na bacia hidrográfica do Zerede, Timóteo/MG. In: I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o eucalipto e o ciclo hidrológico. 2007, Taubaté. **Anais**. UFV, 2007. p. 207-214.
12. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). **IQA – Índice de Qualidades das Águas**. Disponível em: <www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 04 maio 2014.
13. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n. 357, 17 de março de 2005. Estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamentos de efluentes nos corpos receptores e dá outras providências.
14. DAINESE, R. C. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao estudo temporal do uso da terra e na comparação entre classificação não-supervisionada e análise visual**. Botucatu, 2001. 186p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)- Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.
15. EASTMAN, J.R. **Idrisi 15: The Andes Edition**. Worcester, MA: Clark University, 2006.
16. PÁDUA, H. B. **Temperatura água/ar em sistemas aquáticos**. Disponível em: <<http://www.abrappesq.com.br/materia2.htm>>. Acesso em: maio 2014.
17. PEREIRA, R.S., MADRUGA, P.R. DE A., HASENACK, H. **Geoprocessamento aplicado ao planejamento de uso de recursos naturais - Curso**. Santa Maria: UFSM-CCR-FATEC. 1995. 40p.
18. PHILIPPI Jr, A.; SILVEIRA, V. F. Controle da qualidade das águas. In: Philippi Jr, A. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri: Manole, p.415-438, 2005.
19. PIROLI, E. L. **Geoprocessamento na determinação da capacidade e avaliação do uso da terra no município de Botucatu - SP**. Botucatu, 2002. 122f. Tese (Doutorado em Agronomia/Área de Concentração em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.
20. PMS, Prefeitura Municipal de Sorocaba. PLANO DIRETOR MUNICIPAL 2007. **Macrozoneamento**. Disponível em: <www.sorocaba.sp.gov.br>. Acesso em 05 fev. de 2014.
21. TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
22. VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD) demanda bioquímica do oxigênio (DBO) e demanda química do oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu – SP. **Eclética Química**, São Paulo v. 22, 1997.