DOI: 10.1590/S1413-41522016118729

Artigo Técnico

Integração entre planejamento do uso do solo e de recursos hídricos: a disponibilidade hídrica como critério para a localização de empreendimentos

Coupling land-use and water resources planning: hydric availability as a locational criterion

Marcelo Montaño[1], Marcelo Pereira de Souza[2]

RESUMO

Na medida em que a disponibilidade de recursos hídricos, tanto em termos de quantidade quanto em termos de qualidade e tempo de recorrência, constitui um fator cada vez mais relevante ao desenvolvimento econômico e social, existe a necessidade de se voltar a atenção do planejamento para a sustentabilidade dos recursos hídricos, atuando principalmente de forma preventiva sobre a gestão da demanda. O presente trabalho apresenta uma proposta metodológica que permite incluir a avaliação da disponibilidade dos recursos hídricos, em termos qualiquantitativos, em um processo de planejamento territorial. O trabalho pretende, fundamentalmente, despertar o debate sobre a necessidade de incluir, nas etapas iniciais dos processos de tomada de decisão, uma avaliação relativa à capacidade de atendimento, por parte dos recursos hídricos, às solicitações decorrentes do desenvolvimento territorial. A utilização da metodologia apresentada mostra-se potencialmente útil durante um processo de planejamento do uso dos recursos hídricos. Uma vez agregada ao processo de planejamento da ocupação do território, estaria se oferecendo aos tomadores de decisão uma valiosa contribuição no sentido de orientá-los para uma decisão adequada e esclarecida, que considera a avaliação da capacidade de suporte do recurso hídrico como um fator primordial a ser observado durante o planejamento.

Palavras-chave: planejamento de recursos hídricos; zoneamento ambiental; gestão ambiental.

ABSTRACT

Availability of water resources is increasingly lower, considering the amount and quality. There is a need of recovering this availability, focusing on the planning process on demand's management. The present paper presents a methodological approach that allows the evaluation of water resources' availability in a context of territorial planning as a way to assess the compatibility between the development needs and environmental answers. This paper intends to promote a discussion on the need to include, in the early stages of the decision-making process, an evaluation on the supplying capacity of water resources to the demands arising from the territorial development. The approach showed a promising potential to support the planning process, including water resources planning. By doing so, planning processes are potentially benefited, once decision-makers will be able to find a more suitable decision, which recognizes that the assessment of water resources' carrying capacity plays a major role during the planning process.

Keywords: water resources planning; environmental zoning; environmental management.

[1]Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP). Professor do Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC/USP – São Carlos (SP), Brasil.
[2]Doutor em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública da USP. Engenheiro Civil pela Escola Politécnica da USP. Professor Titular do Departamento de Biologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da USP (FFCLRP/USP) – Ribeirão Preto (SP), Brasil.
Endereço para correspondência: Marcelo Montaño – Escola de Engenharia de São Carlos –Departamento de Hidráulica e Saneamento – Avenida Trabalhador Sancarlense, 400 – Centro – 13566-590 – São Carlos (SP), Brasil – E-mail: minduim@sc.usp.br
Recebido: 09/06/13 – **Aceito:** 06/01/16 – **Reg. ABES:** 118729.

INTRODUÇÃO

A capacidade dos países de obterem crescimento econômico com a proteção ao meio ambiente começa pelo estabelecimento, por parte de seus tomadores de decisão, de prioridades e políticas compatíveis entre si. Conforme observa Hecht (1999), a incorporação da sustentabilidade ambiental como um paradigma a ser observado pelos governantes durante o processo de tomada de decisão não é tarefa fácil, considerando a urgência por resultados de curto prazo, que foi imposta por conflitos de natureza econômica, social e ambiental.

Incorporar a dimensão da viabilidade ambiental (espacial e temporal) nos processos de tomada de decisão tem sido um grande desafio para planejadores e administradores públicos e privados. No âmbito das políticas públicas voltadas para as questões de meio ambiente e desenvolvimento, têm sido criados e aprimorados diversos instrumentos que contribuem, uma vez empregados corretamente, para a compatibilização das atividades antrópicas com a capacidade do meio em suportá-las, a fim de maximizar a qualidade de vida das populações humanas e minimizar os impactos ambientais negativos, observados os padrões de qualidade estabelecidos.

Dentre esses instrumentos, ressalta-se a importância do zoneamento ambiental, instrumento de gestão ambiental descrito há mais de duas décadas na Lei nº 6.938/1981 (Política Nacional do Meio Ambiente), que ainda não se consolidou efetivamente como instrumento de planejamento territorial, havendo diversas lacunas a serem preenchidas a fim de promover uma maior eficácia na sua utilização, relacionadas principalmente a aspectos de ordem técnica e conceitual.

O presente trabalho apresenta uma abordagem metodológica que possibilita incluir no processo de planejamento territorial a avaliação da disponibilidade dos recursos hídricos, valendo-se do potencial de complementaridade entre dois instrumentos de política ambiental: o zoneamento ambiental e o plano de bacia hidrográfica. O trabalho pretende fundamentar a necessidade de se incluir, no planejamento do desenvolvimento do território, a avaliação da capacidade dos recursos hídricos em atender às demandas exercidas pelas atividades que serão implantadas.

USO DO SOLO E IMPACTOS SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS

Um dos aspectos mais importantes que justificam a necessidade de reformas no planejamento do uso dos recursos hídricos é a necessidade de aumentar a eficiência da gestão e o aproveitamento da água para enfrentar a crescente necessidade por usos múltiplos, em particular em razão da grande demanda em concentrações urbanas, na indústria, agricultura e geração de energia. Ressaltando a relevância dessa questão, Flavin (2001) estimava que a combinação de crescimento populacional com o aumento do consumo estava associada a um aumento no contingente de pessoas que vivem sob situações de estresse hídrico, passando de 505 milhões de pessoas, em 2000, para 2,4 bilhões, em 2025.

Na medida em que a disponibilidade é cada vez mais baixa, tanto em termos de quantidade quanto em termos de qualidade e tempo de recorrência, a atenção dos governos se desloca gradualmente da gestão da oferta para a gestão de ingressos e para o restabelecimento da água disponível, a gestão da demanda (JOURAVLEV, 2001).

Entre as diversas formas de uso do solo, algumas delas apresentam notório potencial gerador de impactos sobre os recursos hídricos superficiais. Canter (1996), Glasson, Therivel e Chadwick (2012) e Morris e Therivel (2009) afirmam que muitos tipos de empreendimentos, planos, programas ou políticas apresentam impactos para as águas superficiais. Os efeitos podem ser representados por alterações quanti ou qualitativas que, por sua vez, podem trazer implicações para a fauna e a flora aquáticas. Exemplos de projetos potencialmente impactantes para as águas superficiais incluem:

- indústrias descarregando efluentes provenientes de operações rotineiras ou de acidentes e derramamentos;
- resíduos provenientes de estações de tratamento de água e esgoto, após tratamento primário, secundário ou terciário;
- projetos envolvendo aterros ao longo de rios, estuários e áreas costeiras;
- mineração superficial, com alteração na hidrologia e fontes não pontuais de poluição;
- construção de represas para abastecimento, regulação de vazão ou geração de energia;
- canalização de rios para melhorias no escoamento;
- desmatamento e desenvolvimento agrícola, resultando em poluição difusa carregada com nutrientes e pesticidas, e projetos de irrigação;
- resíduos perigosos provenientes do comércio, aterros sanitários, industriais, com poluição difusa.

Ainda sobre os impactos nos recursos hídricos relacionados ao uso do solo, Lima-e-Silva *et al.* (2000) ressaltam que os corpos d'água sofrem toda a sorte de danos resultantes da exploração dos recursos naturais e da simples ocupação humana em determinadas áreas. O ciclo hidrológico é alterado pelo uso inadequado da terra, como desmatamento e agricultura intensiva, ou sobre a área urbana, provocando um aumento no escoamento superficial em detrimento da infiltração, dando início a processos erosivos intensos.

Para reforçar essas colocações, Bastos e Freitas (2000) afirmam que, em áreas de agricultura intensiva ou em processo das obras de urbanização, a carga de sedimentos que alcança os rios sofre um aumento considerável — esses fatos simulam de certa forma os períodos de erosão natural. De um modo geral, o que o homem faz é abreviar o tempo e intensificar o efeito dessas mudanças.

PLANEJAMENTO AMBIENTAL APLICADO AO TERRITÓRIO

O conceito de planejamento territorial no Brasil está fortemente ligado a, pelo menos, duas tradições de zoneamento (MMA, 2006; MILLIKAN; PRETTE, 2000). Uma primeira diz respeito ao planejamento agrícola sob a forma dos zoneamentos agroecológicos ou agrícolas, nos quais se faz um estudo da aptidão dos solos e do clima de uma dada área para diversos tipos de cultura, ou, ao contrário, procura-se identificar as áreas mais adequadas para uma determinada cultura. Trata-se, nesse caso, de um instrumento técnico, de caráter indicativo, que subsidia o agricultor em suas decisões de investimento, ou o setor público no que concerne à concessão de créditos para a agricultura (MMA, 2006).

Uma outra tradição, mais fortalecida pela prática, está ligada à regulação do uso de solo urbano, que se consubstancia, geralmente, em instrumentos legais e normativos — o que fica evidente nas palavras de Paulo Afonso Leme Machado, quando diz que "[...] o zoneamento consiste em dividir o território em parcelas nas quais se autorizam determinadas atividades ou interdita-se, de modo absoluto ou relativo, o exercício de outras atividades". (MACHADO, 1999, p. 129). Para Grinover (1989), essa prática de zoneamento, criada pela tecnologia do planejamento territorial desde as primeiras décadas do século XX, expõe suas deficiências ao se tentar introduzir a dimensão ambiental no processo de planejamento, uma vez que não consegue traduzir de forma eficiente a dinâmica das relações de diferentes tipos e níveis que se estabelecem em um território em desenvolvimento.

Apesar de o zoneamento ambiental ter sido criado há mais de três décadas, inserido na Política Nacional de Meio Ambiente (artigo 9º, inciso II) como um instrumento de gestão ambiental, percebe-se que a sua implementação prática ainda não tem conseguido fazer valer toda a potencialidade desse que pode ser considerado o instrumento de gestão ambiental mais dinâmico dentre todos os instrumentos preconizados na referida Política.

Procurando desfazer alguns desentendimentos relacionados à aplicação desse instrumento, o Decreto 4.297, de 10 de julho de 2002, que regulamenta o zoneamento ambiental (fazendo valer a denominação consagrada "zoneamento ecológico-econômico", ou simplesmente ZEE), estabelece que

> o ZEE, instrumento de organização do território a ser obrigatoriamente seguido na implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas, estabelece medidas e padrões de proteção ambiental destinados a assegurar a qualidade ambiental, dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, garantindo o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população. (artigo 2°).

Ainda, em seu artigo 3°, declara que

> o ZEE, na distribuição espacial das atividades econômicas, levará em conta a importância ecológica, as limitações e as fragilidades dos ecossistemas, estabelecendo vedações, restrições e alternativas de exploração do território e determinando, quando for o caso, inclusive a realocação de atividades incompatíveis com suas diretrizes gerais.

Verifica-se, na literatura, a inclusão do zoneamento ambiental em uma categoria de instrumentos de apoio à tomada de decisão, o qual pode ser empregado tanto como instrumento de planejamento quanto de gestão do processo de ocupação do território. Segundo Macedo (1998), a elaboração de um zoneamento ambiental parte de uma questão básica: sua elaboração deve ser feita a partir de uma política de desenvolvimento que se deseja implementar ou manter em um dado território. Se bem utilizado, conforme o autor, o zoneamento ambiental constitui-se no melhor instrumento de auxílio aos gestores desta política e a todas as demais partes envolvidas: investidores, empresários, trabalhadores, mercados, Poder Público etc.

Com relação à abordagem metodológica preconizada no presente trabalho, enfatiza-se a definição apresentada por Montaño *et al.* (2007), que entendem o zoneamento ambiental como um instrumento fundamentado num processo de classificação de um dado espaço geográfico em subunidades territoriais, agrupadas segundo níveis de aptidão para certos tipos de ocupação. A determinação das diferentes aptidões de cada trecho do espaço territorial analisado, considerando o maior número possível de fatores ambientais relevantes para cada tipo de ocupação (industrial, urbana, agrícola etc.), deve ser baseada em critérios científicos e complementada por critérios expressos pela sociedade, por meio de sua participação. Trata-se de um instrumento com respostas essencialmente ambientais, portanto dinâmicas, e que não se propõe "ser fechado" e estanque quando se relaciona com o uso do solo.

No presente trabalho, a expressão da aptidão do território para o desenvolvimento de atividades adquire caráter indicativo, devendo ser entendida como um processo que envolve a classificação de um dado espaço geográfico agrupado segundo níveis de aptidão para determinados tipos de ocupação.

Por sua vez, os planos de recursos hídricos caracterizam-se como importantes mecanismos de construção de consensos. Esses instrumentos ampliam as possibilidades do planejamento tradicional, e a perspectiva assumida é a da construção de pactos no que se refere à definição de objetivos e ao estabelecimento de cenários desejados, em termos de viabilidade econômica, qualidade ambiental e do correspondente rateio de custos sociais (PORTO; PORTO, 2008).

Os planos também assumem função importante na gestão integrada da água ao considerar a integração de águas subterrâneas, superficiais, sistemas estuarinos e zonas costeiras, e também ao determinar a gestão sistêmica dos aspectos de quantidade e qualidade, os usos múltiplos e

a detecção e a mediação de possíveis conflitos no planejamento, integrando três segmentos da sociedade. Os planos desempenham ainda papel bastante relevante na integração da gestão de recursos hídricos com a gestão territorial, que pode ser considerada uma de suas principais potencialidades como instrumento de planejamento ambiental, pois, ao serem definidas as aptidões da bacia hidrográfica em seu plano e os objetivos de qualidade da água, haveria consequentemente um direcionamento da gestão territorial, pois algumas atividades poderiam ser incentivadas e outras reprimidas, de acordo com o impacto sobre os recursos hídricos (PORTO; PORTO, 2008).

ASPECTOS METODOLÓGICOS

Aplicado ao município paulista de São Carlos, o trabalho apresenta uma ponderação efetuada sobre os recursos hídricos que procura identificar previamente uma situação de escassez desse recurso, levando-se em consideração a sua disponibilidade e a solicitação (em termos de volume e capacidade de diluição de efluentes) imposta por uma determinada atividade, ou conjunto de atividades.

São consideradas diferentes situações do uso de recursos hídricos a fim de identificar eventuais limitações à ocupação territorial impostas por diferentes regimes de uso (consuntivo e não consuntivo), os quais implicam uma demanda específica relacionada a uma determinada quantidade de água, ou capacidade de diluição de efluentes.

Assim, o trabalho procura avaliar a aptidão apresentada pelos cursos d'água localizados no território do município, diante da capacidade de atendimento ao abastecimento público, considerando os níveis atuais de captação superficial, e do recebimento dos efluentes da futura Estação de Tratamento de Esgotos (ETE), que deverá tratar 100% do esgoto coletado na cidade.

O município de São Carlos apresenta uma condição hidrográfica bastante peculiar. Excetuando-se alguns trechos de rios que constituem o limite de seu território, todos os outros rios e córregos têm suas nascentes dentro do município. Desse modo, optou-se por subdividir o território em função das bacias hidrográficas de seus principais cursos de água, especificando seus exutórios na divisa do município. A partir daí, valendo-se da metodologia[1] empregada pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE, 1998) para a estimativa das vazões superficiais em qualquer ponto do estado de São Paulo, foram estabelecidos os valores para $Q_{méd}$, Q_{95} (anual) e $Q_{7,10}$ (anual) nos exutórios das sub-bacias delimitadas para o município de São Carlos.

[1]A regionalização hidrológica proposta pelo DAEE empregou os dados das séries históricas disponíveis para as estações pluviométricas e fluviométricas do estado de São Paulo. O estudo considerou os totais anuais precipitados em 444 postos pluviométricos, empregados para a elaboração da carta de isoietas médias anuais, as séries de descargas mensais observadas em 219 estações fluviométricas e as séries de vazões diárias registradas em 88 postos fluviométricos. De acordo com o DAEE (1998), a análise conjunta dos parâmetros estudados possibilitou identificar 21 regiões hidrologicamente homogêneas no estado de São Paulo.

A fim de orientar a formulação da proposta apresentada, os aspectos relativos aos recursos hídricos foram considerados no momento da avaliação da aptidão do território para a instalação de atividades, levando-se em conta duas situações distintas:

- Uma situação supõe que a solicitação sobre o recurso é realizada apenas em termos de consumo, não ocorrendo nenhum tipo de lançamento. A avaliação efetuada, neste caso, trata de verificar se o volume consumido pela atividade não estaria comprometendo a disponibilidade do recurso, observados os regimes de vazões média ($Q_{méd}$) e mínima durante 95% do tempo (Q_{95}), limitados pela vazão mínima que se mantém durante sete dias consecutivos, com período de retorno de dez anos ($Q_{7,10}$). Neste ponto, vale resgatar a discussão efetuada por Bof, Pruski e Souza (2008) a respeito das variações nos valores para as vazões de referência quando calculadas para períodos anuais ou mensais (os autores encontraram diferenças bastante significativas entre os valores mensais e anuais para Q_{95} e $Q_{7,10}$). No presente trabalho, a metodologia proposta permite trabalhar com o valor de referência considerado mais adequado conforme a situação. Dessa maneira, considera-se, para cada um dos regimes de vazão descritos, que a "oferta" do recurso (ΔQ) é dada pela vazão resultante da subtração dos valores de $Q_{méd}$ e Q_{95} com o valor da $Q_{7,10}$. Esta situação é ilustrada considerando-se a demanda exercida atualmente com a captação de água superficial para o abastecimento público, admitindo-se que o município de São Carlos produza aproximadamente 450 $L.hab^{-1}.dia^{-1}$, 40% provenientes de captações superficiais. Disso resulta que a demanda por água para abastecimento, a partir de fontes superficiais, necessária para o atendimento de uma população de 220.000 habitantes, é da ordem de 500 $L.s^{-1}$. No presente trabalho, a avaliação que se efetua pretende verificar a capacidade de atendimento a essa demanda, considerando que o volume captado não deve resultar em uma vazão menor do que a mínima, considerada arbitrariamente como sendo a própria $Q_{7,10}$.
- Uma outra avaliação é efetuada para a verificação da capacidade de diluição (ou depuração) de um eventual efluente, lançado por uma determinada atividade, considerando diferentes regimes de vazão para o corpo d'água receptor: vazão média (Qméd), vazão mínima que permanece por 95% do tempo (Q_{95}) e vazão crítica ($Q_{7,10}$). Procura-se avaliar, nesse caso, se a solicitação efetuada pela atividade em termos da depuração do efluente lançado seria compatível com as características do corpo d'água receptor, observando-se os padrões de qualidade estabelecidos para as classes dos corpos d'água por meio da resolução CONAMA 357/2005, observando-se ainda o enquadramento do corpo d'água efetuado pelo Decreto Estadual 10.755/1977. Tendo como referência as informações a respeito da ETE atualmente implantada em São Carlos, adota-se uma vazão coletada de efluentes, em regime de utilização regular, da ordem de 1.000 $L.s^{-1}$, cuja concentração no lançamento é próxima

dos 15 mg.L^{-1} de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e de, no mínimo, 2 mg.L^{-1} de oxigênio dissolvido (OD).

A partir daí, propõe-se o estabelecimento de índices que reflitam a maior ou menor aptidão apresentada pelo território das diferentes sub-bacias delimitadas, que indicam a capacidade de se atender, para a vazão estimada em seus exutórios, às demandas impostas pelas situações descritas.

Dessa forma, o presente trabalho adotou um índice para a disponibilidade de água superficial, calculado em função da oferta de água atual. Nesse caso, o índice para a disponibilidade indicado pela razão entre a vazão ofertada, ΔQ, e a consumida, em que, de modo simplificado, $\Delta Q = [Q_{méd} \text{ ou } Q_{95}] - Q_{7,10}$. Além disso, adotou um índice para as concentrações de DBO e OD, determinado pela razão entre a concentração na mistura (L_0 e C_0) após o lançamento do efluente considerado e as concentrações admitidas para as diferentes classes nas quais se enquadram os corpos d'água (índice $L = DBO_{máx}/L_0$; índice $C = C_0/ OD_{mín}$).

Para tais situações, os índices propostos são apresentados pela Tabela 1.

RESULTADOS

A partir das estimativas para as vazões nos exutórios das sub-bacias determinadas para o território do município de São Carlos, por meio da metodologia de regionalização hidrológica disponibilizada pelo DAEE (DAEE – SP), conforme Figura 1 e Tabela 2, e do estabelecimento de seus respectivos índices para a oferta, é possível visualizar, de forma espacializada, qual foi o comportamento apresentado pelas diferentes sub-bacias que compõem o território do município, para diferentes regimes de vazão. As Tabelas 3 e 4 apresentam as respostas obtidas para as avaliações efetuadas, considerando-se as situações mais críticas em termos de disponibilidade hídrica para as atividades de captação de água superficial ao abastecimento público e lançamento dos efluentes de uma ETE, respectivamente para os períodos de vazão Q_{95} e $Q_{7,10}$ anuais.

De acordo com tais índices, pode-se visualizar nas Figuras 2 e 3 a distribuição espacial das aptidões apresentadas pelas sub-bacias estabelecidas ao território do município, respectivamente, para as atividades de captação e lançamento indicadas, para os respectivos períodos de vazão considerados.

Tabela 1 – Classes de aptidão do território em função do índice para a disponibilidade de água superficial, considerando o volume captado para abastecimento público e, em função dos índices propostos para as concentrações de demanda bioquímica de oxigênio e oxigênio dissolvido, resultantes do lançamento dos efluentes da Estação de Tratamento de Esgotos projetada para São Carlos.

Índice disponibilidade (ΔQ/Q consumida)	Índice L (DBOmáx/L_0) ou índice C (C_0/ODmín)	Classe de aptidão
< 1	< 1	Sem aptidão
1 ≤ índice ≤ 1,5	1 ≤ índice ≤ 1,5	Apto com restrições
> 1,5	> 1,5	Apto

DBO: demanda bioquímica de oxigênio.

Observando-se os resultados, percebe-se a necessidade de se planejar a utilização dos recursos hídricos de forma adequada, acompanhando as irregularidades espaciais de sua disponibilidade, em termos qualiquantitativos.

Pela Figura 2, verifica-se a dificuldade em se atender, durante períodos de vazão inferior à Q_{95}, à demanda por água superficial para o abastecimento público por uma única sub-bacia. De fato, 50% do abastecimento de São Carlos são realizados atualmente a partir da captação em dois mananciais de águas superficiais, localizados nas sub-bacias

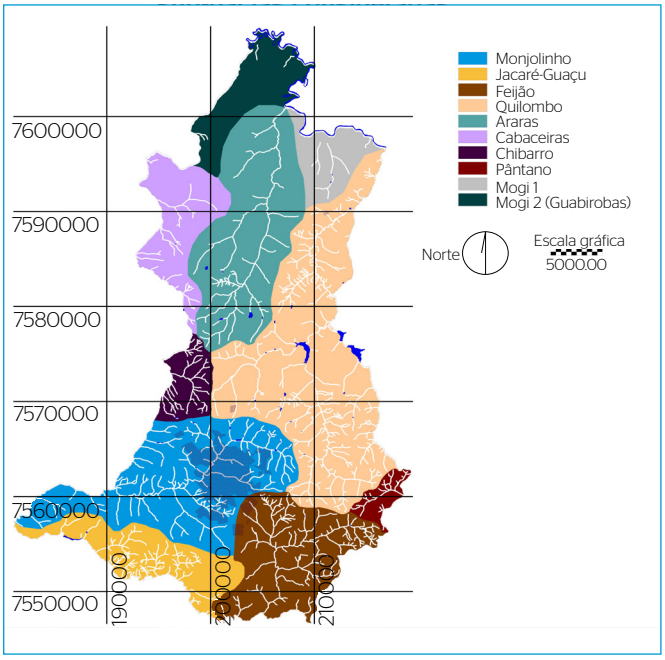

Figura 1 – Sub-bacias que compõem o território do município de São Carlos.

Tabela 2 – Vazões estimadas nos exutórios das sub-bacias consideradas.

Sub-bacia	Área de contribuição aproximada (km²)	Vazão estimada (m³.s⁻¹)		
		$Q_{méd}$	Q_{95}	$Q_{7,10}$
Monjolinho	273	2,329	1,202	0,961
Jacaré-Guaçu	809	7,275	3,754	3,003
Feijão	250	2,275	1,174	0,939
Quilombo	466	6,613	2,401	1,609
Araras	184	3,128	1,135	0,761
Cabaceiras	143	2,463	0,894	0,559
Chibarro	50	0,712	0,259	0,173
Pântano	24	0,293	0,106	0,071
Mogi 1	12.483	230,938	83,830	56,187
Mogi 2 (Guabirobas)	12.733	235,434	85,462	57,281

do Feijão (contemplando cerca de 35% do abastecimento público, com captação próxima ao exutório) e do Monjolinho (correspondente a 15% do abastecimento, captados em sua porção superior).

É possível notar, ainda, como mostra a Figura 3, uma grande dificuldade em compatibilizar a qualidade adequada do corpo receptor com o lançamento dos efluentes da ETE considerada. Por uma questão racional, a estação de tratamento deverá ser instalada a jusante da área contemplada pela coleta de esgotos, o que torna a sub-bacia do Monjolinho a opção mais clara para receber tal estação.

Uma vez que o único motivo pelo qual essa sub-bacia pode ser considerada apta para receber os efluentes da estação refere-se à permissividade dos parâmetros de qualidade atribuídos aos corpos d'água classe 4 (na qual se enquadra o ribeirão do Monjolinho), e visto que, para o efluente avaliado, não é possível observar classes mais restritivas em termos de padrões de qualidade, percebe-se que, ao instalar a estação nesta sub-bacia, o município estaria consolidando o enquadramento deste corpo d'água em

Tabela 3 – Classes de aptidão para captação de água superficial, em função dos índices para a disponibilidade, para o período de vazão Q_{95}.

Sub-bacia	Q_{95} ($L.s^{-1}$)	ΔQ ($L.s^{-1}$)	Índice de disponibilidade (Q_{95})	Classe de aptidão
Monjolinho	1202	241	0,51	Sem aptidão
Jacaré	3754	751	1,60	Apta
Feijão	1174	235	0,50	Sem aptidão
Quilombo	2401	792	1,69	Apta
Araras	1135	374	0,80	Sem aptidão
Cabaceiras	894	335	0,71	Sem aptidão
Chibarro	259	86	0,18	Sem aptidão
Pântano	106	35	0,07	Sem aptidão
Mogi 1	83830	27600	55,2	Apta
Mogi 2	85462	28200	56,4	Apta

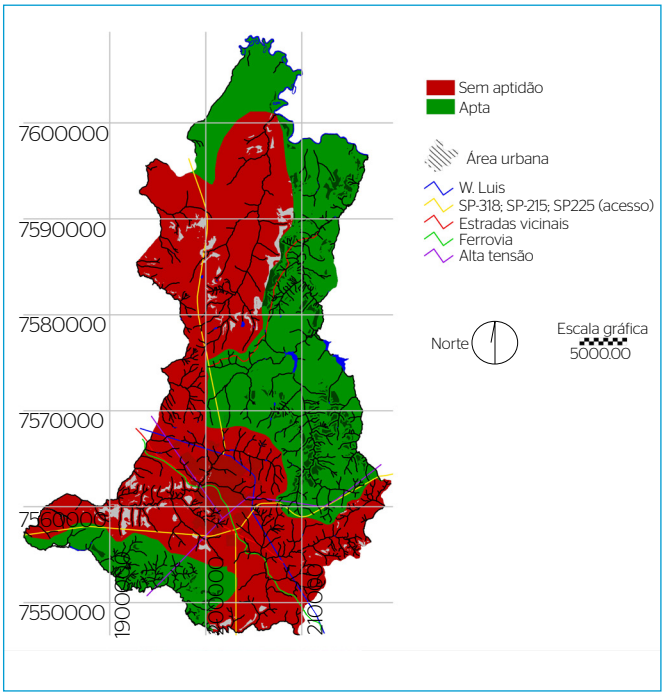

Figura 2 – Aptidão para captação de água para abastecimento, para a vazão Q_{95}.

Tabela 4 – Classes de aptidão para lançamento de efluentes de Estação de Tratamento de Esgotos, em função dos índices para as concentrações de demanda bioquímica de oxigênio e oxigênio dissolvido, considerando-se lançamento no exutório, para o período de vazão $Q_{7,10}$.

Sub-bacia	$Q_{7,10}$ ($L.s^{-1}$)	L_o ($mg.L^{-1}$)	C_o ($mg.L^{-1}$)	Índice L_o	Índice C_o	Classe de aptidão
Monjolinho	961	8,15	3,30	-	1,65	Apta
Jacaré	3003	4,70	4,96	1,06	0,99	Sem aptidão
Feijão	939	8,23	3,26	0,61	0,65	Sem aptidão
Quilombo	1609	6,46	4,11	0,77	0,82	Sem aptidão
Araras	761	8,94	2,92	0,56	0,58	Sem aptidão
Cabaceiras	559	9,95	2,43	0,50	0,49	Sem aptidão
Chibarro	173	12,89	1,02	0,78	0,25	Sem aptidão
Pântano	71	14,05	0,46	0,36	0,09	Sem aptidão
Mogi 1	56187	2,3	6,40	2,20	3,20	Apta
Mogi 2	57281	2,2	6,50	2,30	3,25	Apta

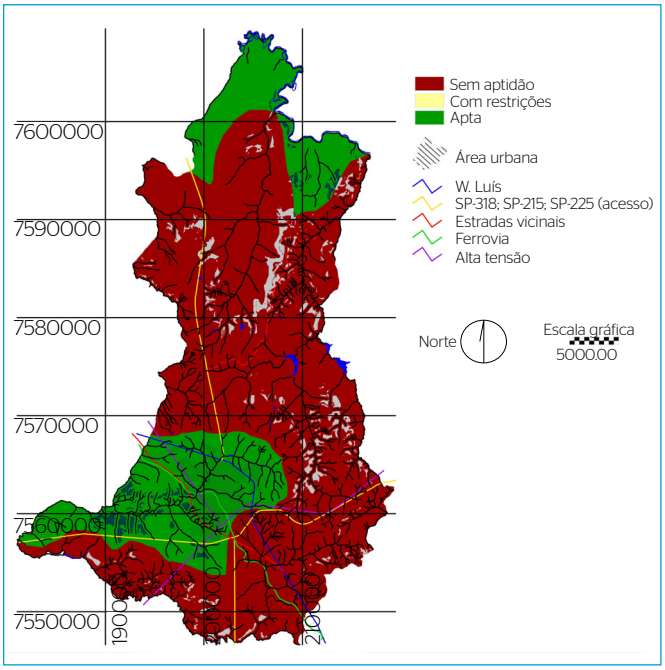

Figura 3 – Áreas aptas para a instalação do empreendimento Estação de Tratamento de Esgotos, associadas às aptidões apresentadas pelas sub-bacias em que se localizam, considerando a vazão $Q_{7,10}$ no exutório.

classe 4, o que não seria desejável nesse caso, tendo em vista as necessidades de usos diversificados, além da depuração de efluentes domésticos.

CONCLUSÕES

A utilização da metodologia de avaliação da capacidade dos corpos d'água em atender às demandas específicas que lhes são impostas mostra-se potencialmente útil durante um processo de planejamento do uso dos recursos hídricos.

Uma vez agregada ao processo de planejamento da ocupação do território, estaria se oferecendo aos tomadores de decisão uma valiosa contribuição no sentido de orientá-los para a decisão mais adequada, que considera a avaliação da capacidade de suporte do recurso hídrico como um fator primordial a ser observado durante o planejamento.

Apesar das limitações em termos de quantidade e refinamento dos dados empregados na execução do presente estudo, ainda assim as informações geradas pelo emprego da metodologia proposta levantam questões importantes, as quais merecem uma reflexão mais aprofundada. A utilização dessas informações em procedimentos associados ao planejamento da ocupação urbana, por exemplo, é um dos pontos principais a serem investigados.

Além disso, sendo a escassez de recursos hídricos um ponto extremamente preocupante para o desenvolvimento econômico de uma região, o planejamento de sua utilização por atividades econômicas vinculado a uma avaliação da distribuição espacial das aptidões apresentadas pelo território torna-se, em certas situações, uma vantagem importante em termos de garantir a segurança de investimentos realizados.

Considerando-se uma situação extrema, há que se discutir o atual estilo de desenvolvimento adotado pelo município diante das questões de escassez — fica claro que a capacidade dos mananciais aproveitáveis economicamente está sendo rapidamente superada pela demanda exercida com o aumento nos níveis de consumo — e disponibilidade dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

BASTOS, A.C.S.; FREITAS, A.C. (2000) Agentes e processos de interferência, degradação e dano ambiental. *In:* CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. (Orgs.). *Avaliação e perícia ambiental.* 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

BOF, L.H.N.; PRUSKI, F.F.; SOUZA, W.A.M. (2009) Impacto do uso de diversos critérios para a concessão de outorga. *In*: *XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. ABRH: Campo Grande, 13 p.

CANTER, L.W. (1997) *Environmental Impact Assessment*. 2. ed. Nova Iorque: McGraw Hill, 660 p.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE. (1998) Regionalização hidrológica no Estado de São Paulo. Revista Águas e Energia Elétrica. *In: Sistemas de informações para gerenciamento de recursos hídricos do Estado de São Paulo – SIGRH.* (CD-ROM). São Paulo, Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica.

FLAVIN, C. (2001) Planeta rico, planeta pobre. *In: O estado do mundo 2001:* bíblia do meio ambiente. Worldwatch Institute. Curitiba: Universidade Livre da Mata Atlântica.

GLASSON, J.; THERIVEL, R.; CHADWICK, A. (2012) *Introduction to Environmental Impact Assessment*. 4. ed. London: Routledge, 416 p.

GRINOVER, L. (1989) O planejamento físico-territorial e a dimensão ambiental. *Cadernos FUNDAP,* ano 9, n. 16, p. 25-32.

HECHT, A. D. (1999) The triad of sustainable development: promoting sustainable development in developing countries. *Journal of Environment and Development*. v. 8, n. 2, p. 111-132.

JOURAVLEV, A. (2001) *Administración del água en America Latina y en el Caribe en el umbral del siglo XXI*. Comissão Econômica para América Latina e Caribe – CEPAL. Série Recursos Naturales e Infraestructura, n. 27, julho, Santiago – Chile.

LIMA-E-SILVA, P.P.; GUERRA, A.J.T.; DUTRA, L.E.D. (2000) Subsídios para avaliação econômica de impactos ambientais. *In:* CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. (Orgs.). *Avaliação e perícia ambiental.* 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

MACEDO, R.K. (1998) *Zonear é sinônimo de ordenar*. Brazilian Environmental Mall Disponível em: <www.bem.com.br>. Acesso em: 20 set. 2001.

MACHADO, P.A.L. (1999) *Direito Ambiental Brasileiro*. 7a ed. São Paulo: Malheiros.

MILLIKAN, B.H.; del PRETTE, M.E. (2000) *Documento base para discussão*. Seminário Avaliação da Metodologia do Zoneamento Ecológico-Econômico para a Amazônia Legal. Secretaria de Coordenação da Amazônia – SCA. Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável – SDS. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. (2006) *Caderno de Referência* - Subsídios ao Debate. Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável. Diretoria de Gestão Ambiental e Territorial. Programa Zoneamento Ecológico-Econômico. Brasília: MMA, 2006.

MONTAÑO, M.; OLIVEIRA, I.S.D.; RANIERI, V.E.L.; FONTES, A.T.; SOUZA, M.P. (2007) O zoneamento ambiental e a sua importância para a localização de atividades. *Revista Pesquisa & Desenvolvimento Engenharia de Produção*, n. 6, p. 49-64.

MORRIS, P.; THERIVEL, R. (2009) *Methods of Environmental Impact Assessment*. 3. ed. London: Routledge.

PORTO, M.F.A.; PORTO, R.L.L. (2008) Gestão de bacias hidrográficas. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p. 43-60.