

## **Índices para Identificação de Conflitos pelo Uso da Água: Proposição Metodológica e Estudo de Caso**

**Michel Castro Moreira, Demetrius David da Silva, Fernando Falco Pruski, Marcelo dos Santos Lara**

Departamento de Engenharia Agrícola – DEA – Universidade Federal de Viçosa – UFV

*mmoreira@gprh.ufv.br; demetrius@funarbe.org.br; ffpruski@ufv.br; marcelolaraufv@yahoo.com.br*

*Recebido: 29/01/09 - revisão: 22/05/11 - aceito: 17/07/12*

---

### **RESUMO**

No presente trabalho são propostos dois índices para identificação de conflitos pelo uso da água a partir da análise das vazões outorgadas e da disponibilidade hídrica. O índice de conflito pelo uso da água na gestão dos recursos hídricos ( $i_{cg}$ ) visa fornecer subsídios às ações afetas a gestão dos recursos hídricos, enquanto o índice de conflito pelo uso da água no planejamento dos recursos hídricos ( $i_{cp}$ ) visa fornecer subsídios às ações de planejamento. Associado aos valores dos índices foi sugerida uma escala de cores visando possibilitar a elaboração de mapas de  $i_{cg}$  e  $i_{cp}$  de bacias hidrográficas. O estudo de caso foi realizado para a bacia do rio do Sono, a qual constitui uma das principais contribuintes para a formação de vazões do rio Paracatu. Para tanto, foram utilizados no cálculo dos índices a vazão mínima com sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ( $Q_{7,10}$ ), a vazão média de longa duração ( $Q_{mld}$ ), as vazões outorgadas ( $Q_{out}$ ), o modelo digital de elevação e a hidrografia da bacia em estudo. A análise do  $i_{cg}$  e  $i_{cp}$  permitiu verificar que a bacia do rio do Sono, apesar de possuir apenas 29 outorgas vigentes, apresenta regiões com conflitos pelo uso da água, os quais podem ser minimizados com ações de gestão e planejamento. A adoção dos índices propostos vem ao encontro das necessidades dos órgãos gestores de recursos hídricos no que se refere a um diagnóstico do comprometimento da disponibilidade hídrica em relação às outorgas vigentes. A escassez desses dados inviabiliza a adoção de um adequado programa de gestão e planejamento dos recursos hídricos, o que vem acarretar, como evidenciado em diversas bacias brasileiras, a ocorrência de conflitos pelo uso da água.

**Palavras-chave:** conflito pelo uso da água, outorga, disponibilidade hídrica.

---

### **INTRODUÇÃO**

Quando há baixa densidade demográfica, ocupação pouco intensiva do solo e desenvolvimento industrial restrito, o controle do uso da água exige menores cuidados, entretanto, à medida que o seu uso se amplia e passam a surgir conflitos é necessário maior atenção para a proteção dos recursos hídricos visando ao seu aproveitamento racional (Setti et al., 2001).

Na literatura especializada a respeito de gestão de recursos hídricos por diversas vezes se encontra o termo “conflito pelo uso da água”, sem, entretanto, especificar o que seria conflito. Diversos autores (Braga e Ribeiro, 2006; Moreira, 2006; Rodriguez, 2004; Silva e Ramos, 2001; Yoffe et al., 2003) se referem a conflitos pelo uso da água a partir de critérios subjetivos ou evidências de escassez de água.

Segundo Valls (1999), ao definir o Water Scarcity Index (WSI), Falkenmark (1987) foi quem primeiro propôs um índice para descrever quantita-

tivamente problemas relacionados à escassez de água. Por sua vez, Ohlsson (2000) desenvolveu o índice social de escassez de água a fim de associar a escassez de água a aspectos sociais. Outro índice utilizado no diagnóstico da situação da bacia é o Water Exploitation Index (WEI), a partir do qual a Agência Européia de Meio Ambiente analisa como as alterações do uso da água impactam os recursos hídricos da Europa (EEA, 2004).

ANA (2005b) realizou o balanço entre disponibilidade e demanda de recursos hídricos nas 12 regiões hidrográficas brasileiras. A classificação adotada para caracterização da situação das bacias foi adaptada de publicações das Nações Unidas (UNESCO 2003; Alcamo et al. 2000), correspondendo a: disponibilidade menor que  $500 \text{ m}^3\text{hab}^{-1}\text{ano}^{-1}$  – situação de escassez; disponibilidade entre 500 e  $1.700 \text{ m}^3\text{hab}^{-1}\text{ano}^{-1}$  – situação de estresse; e disponibilidade maior que  $1.700 \text{ m}^3\text{hab}^{-1}\text{ano}^{-1}$  – situação confortável.

Ao apresentar as alternativas de oferta de água para as sedes municipais da região nordeste do Brasil e do norte de Minas Gerais, ANA (2006) cal-

culou o grau de pressão exercido pelas demandas sobre os recursos hídricos superficiais pela razão entre a demanda total (somatório das demandas para abastecimento humano, abastecimento industrial, irrigação e dessedentação animal) e a vazão média.

Índices como o WSI, WEI ou critérios de classificação com base na disponibilidade e na demanda hídrica fornecem valores globais para toda a bacia, conforme verificaram Yoffe et al. (2003) ao afirmarem que estes índices são normalmente aplicados em nível de países, não permitindo a observação de diferenças regionais, bem como a variação da disponibilidade e da demanda de água.

A maioria dos conflitos pelo uso da água decorre da falta de planejamento e gestão de recursos hídricos, a qual está intimamente ligada à inexistência de informações que associem as vazões já outorgadas com a disponibilidade hídrica.

Dada a constatação de que os índices são úteis para caracterizar a situação de uma bacia e a evidência da necessidade de um índice efetivo para identificação de conflitos potenciais pelo uso da água, o presente trabalho teve por objetivo propor índices que permitam a identificação de regiões com conflitos pelo uso da água em bacias hidrográficas, e realizar estudo de caso utilizando os índices propostos.

## METODOLOGIA

A fim de fornecer subsídios às ações dos órgãos gestores de recursos hídricos, no que se refere à identificação de conflitos pelo uso da água em bacias hidrográficas, no presente trabalho é adotado o segmento<sup>1</sup> de um rio como unidade de estudo, bem como foram considerados unicamente os recursos hídricos de superfície.

### Proposição de índices de conflito pelo uso da água

O conhecimento da quantidade da água já comprometida pelo uso, concedido através das outorgas, é essencial para que o Poder Público possa efetuar a gestão entre a disponibilidade e a demanda dos recursos hídricos (Silva e Ramos, 2001).

Neste sentido, a fim de subsidiar as ações afitas à gestão dos recursos hídricos, nas quais se

<sup>1</sup> Trecho de curso d'água entre uma foz e sua confluência, ou trecho entre confluências, ou trecho entre uma confluência e sua nascente.

busca compatibilizar o uso, o controle e a proteção deste recurso ambiental, disciplinando as respectivas intervenções antrópicas de modo a se atingir o desenvolvimento sustentável, propõe-se o índice de conflito pelo uso da água na gestão dos recursos hídricos ( $i_{cg}$ ), dado por:

$$i_{cg} = \frac{Q_{out}}{xQ_{mr}} \quad (1)$$

em que

$i_{cg}$	=índice de conflito pelo uso da água na gestão dos recursos hídricos, adimensional;
$Q_{out}$	=vazão outorgada a montante da foz do segmento em estudo, em $m^3s^{-1}$ ;
$x$	=percentagem, expressa em decimal, da $Q_{mr}$ passível de ser outorgada, adimensional; e
$Q_{mr}$	=vazão mínima de referência estimada na foz do segmento em estudo, em $m^3s^{-1}$ .

O valor obtido pela multiplicação de  $x$  por  $Q_{mr}$  corresponde à porcentagem da vazão mínima de referência passível de ser concedida de acordo com o critério de outorga adotado pelo órgão gestor de recursos hídricos da bacia, ou seja, a vazão máxima passível de ser outorgada na foz do segmento em estudo.

A  $Q_{out}$  pode assumir valores entre zero e um valor positivo correspondente à soma das vazões outorgadas a montante da foz do segmento em estudo. Considerando a variação dos valores de  $Q_{out}$  em relação a  $xQ_{mr}$ , tem-se a seguinte escala de variação dos valores de  $i_{cg}$ :

$0 \leq i_{cg} \leq 1$	= situação na qual as vazões outorgadas a montante da foz do segmento em estudo se encontram dentro dos limites legais; e
$i_{cg} > 1$	= situação na qual as vazões outorgadas a montante da foz do segmento em estudo superam os limites previstos pela legislação.

Visando uma representação gráfica dos valores de  $i_{cg}$  por meio da elaboração de mapas, na situação em que as vazões outorgadas a montante da foz do segmento em estudo estão dentro dos limites legais ( $0 \leq i_{cg} \leq 1$ ), é proposta uma estratificação para caracterização das faixas de vazão ainda permissíveis de serem outorgadas:

( $i_{cg} = 0$ ), ou seja, vazão ainda permissível de ser outorgada igual à vazão máxima passível de ser outorgada na foz do segmento em estudo;

( $0 < i_{cg} \leq 0,7$ ), ou seja, vazão ainda permissível de ser outorgada superior a 30% da vazão máxima passível de outorga;

( $0,7 < i_{cg} \leq 0,9$ ), ou seja, vazão ainda permissível de ser outorgada inferior a 30% e superior a 10% da vazão máxima passível de outorga; e

( $0,9 < i_{cg} \leq 1$ ), ou seja, vazão ainda permissível de ser outorgada inferior a 10% da vazão máxima passível de outorga.

Para caracterizar a condição em que as vazões outorgadas superaram os limites previstos pela legislação ( $i_{cg} > 1$ ), propõe-se uma estratificação do intervalo em duas classes. Dado que o limite legal já foi ultrapassado, para este caso as faixas adotadas de valores de  $i_{cg}$  terão como referência a  $Q_{mr}$  em substituição a  $xQ_{mr}$ . Para tanto, basta multiplicar o valor de  $i_{cg}$  pelo percentual da  $Q_{mr}$  passível de ser outorgada ( $x$ ). Desta forma, o limiar para estratificação da condição em que as outorgas emitidas superam a vazão permissível de ser outorgada é dada por  $x i_{cg}$ . Neste caso, considerando a situação em que o valor de  $Q_{out}$  é superior a  $xQ_{mr}$ , a variação dos valores de  $i_{cg}$  está entre os respectivos intervalos:

$x i_{cg} \leq 1$  = vazão outorgada superior a  $xQ_{mr}$  e inferior ou igual à vazão mínima de referência; e

$x i_{cg} > 1$  = vazão outorgada superior à vazão mínima de referência.

Para esta condição propõe-se o seguinte simbolismo:

( $x i_{cg} \leq 1$ ), ou seja, vazão outorgada superior a  $xQ_{mr}$  e inferior ou igual à vazão mínima de referência; e

( $x i_{cg} > 1$ ), ou seja, vazão outorgada superior à vazão mínima de referência.

Considerando que no planejamento de recursos hídricos se busca prever e avaliar cursos de ações alternativas e futuras, visando à tomada de decisões mais adequadas e racionais, propõe-se o índice de conflito pelo uso da água no planejamento dos recursos hídricos ( $i_{cp}$ ), dado por:

$$i_{cp} = \frac{Q_{out}}{Q_{mld}} \quad (2)$$

em que

$i_{cp}$  = índice de conflito pelo uso da água no planejamento dos recursos hídricos, adimensional; e

$Q_{mld}$  = vazão média de longa duração na foz do segmento em estudo, em  $m^3 s^{-1}$ .

A utilização da  $Q_{mld}$  para o cálculo do  $i_{cp}$  deve-se ao fato de a vazão média corresponder à vazão máxima possível de ser regularizada, abstraindo-se as perdas por evaporação e infiltração. Dessa maneira, a utilização da  $Q_{mld}$  visa verificar se, caso haja conflito pelo uso da água, este pode ser minimizado com a adoção de medidas estruturais como a construção de barramentos. Os valores de  $i_{cp}$ , considerando-se a variação dos valores de  $Q_{out}$  em relação a  $Q_{mld}$ , variam da seguinte forma:

$0 < i_{cp} \leq 1$  = situação na qual existindo o conflito pelo uso da água, ainda se pode contorná-lo com a adoção de medidas estruturais; e

$i_{cp} > 1$  = situação na qual o conflito não pode ser contornado apenas com medidas estruturais.

Para os intervalos de  $i_{cp}$  propõe-se o seguinte simbolismo:

( $i_{cp} = 0$ ), ou seja, situação na qual não existem vazões outorgadas a montante da foz do segmento analisado;

( $0 < i_{cp} \leq 1$ ), ou seja, situação na qual existindo o conflito pelo uso da água, ainda se pode contorná-lo com a adoção de medidas estruturais; e

( $i_{cp} > 1$ ), ou seja, situação na qual o conflito não pode ser contornado apenas com medidas estruturais.

#### Estudo de caso: bacia do rio do Sono

Para verificar a adequação dos índices propostos na identificação de conflitos potenciais pelo uso da água em bacias hidrográficas, fornecendo desse modo subsídios às ações dos órgãos gestores na adoção de um adequado programa de gestão e

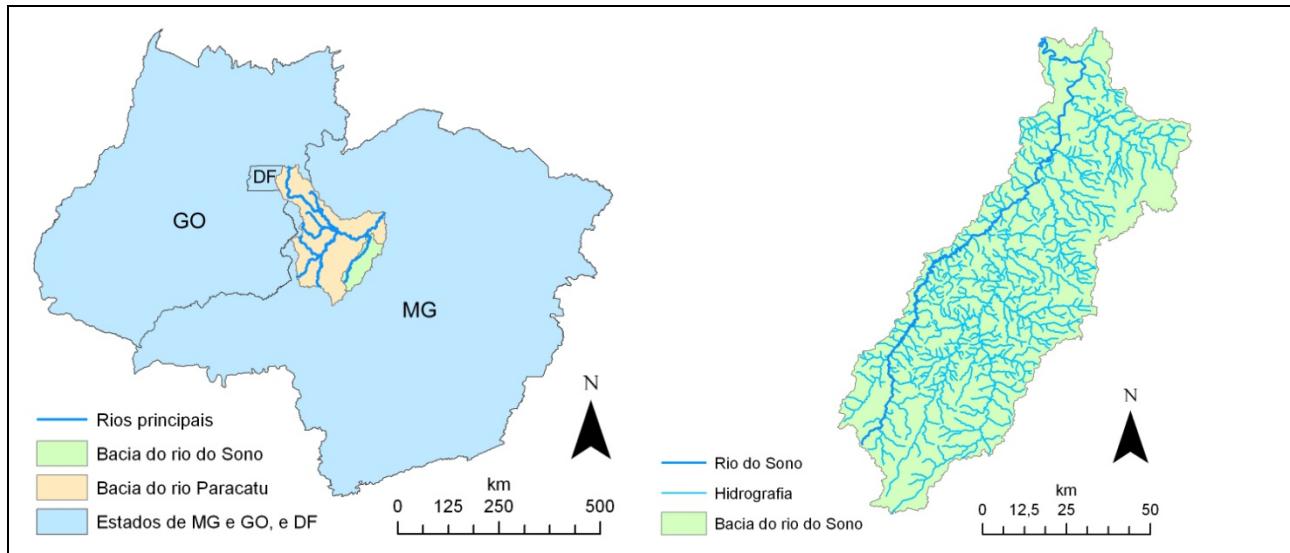


Figura 1 – Mapa de localização e hidrografia da bacia do rio do Sono.

planejamento de recursos hídricos, foi realizado estudo de caso para a bacia do rio do Sono (Figura 1).

A bacia do rio do Sono possui área de drenagem de aproximadamente  $5.837 \text{ km}^2$ , constituindo-se numa das principais contribuintes para as formações de vazões do rio Paracatu. Os usos mais expressivos dos recursos hídricos nessa região são o abastecimento para o consumo humano, a desidratação de animais e, principalmente, a agricultura irrigada de hortaliças e plantas frutíferas (IGAM, 2006).

Os dados utilizados, necessários para o cálculo do  $i_{cg}$  e  $i_{cp}$  foram: a vazão mínima com sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ( $Q_{7,10}$ ), uma vez que é a vazão mínima de referência adotada pelo órgão gestor da bacia (Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM); a vazão média de longa duração ( $Q_{mld}$ ); as vazões outorgadas na bacia em estudo ( $Q_{out}$ ); o modelo digital de elevação e a hidrografia da bacia do rio do Sono.

Os valores de  $Q_{7,10}$  e  $Q_{mld}$  para a foz de cada segmento da hidrografia da bacia foram obtidos a partir do procedimento de regionalização de vazões, sendo utilizado o método Tradicional (Eletrobras, 1985). Este método consiste na identificação de regiões hidrologicamente homogêneas e no ajuste de equações de regressão entre as diferentes variáveis a serem regionalizadas e as características físicas e climáticas das bacias de drenagem para cada região homogênea.

As equações de regionalização para a estimativa dos valores de  $Q_{7,10}$  e  $Q_{mld}$  (em  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ) foram obtidas do trabalho de Moreira (2006), conforme seguem:

$$Q_{7,10} = 0,000057 \text{ Ad}^{1,306113} \quad (3)$$

$$Q_{mld} = 0,021714 \text{ Ad}^{0,986452} \quad (4)$$

em que, Ad corresponde à área de drenagem da foz do segmento em análise, em  $\text{km}^2$ , sendo este valor obtido a partir do modelo digital de elevação da bacia do rio do Sono.

Para a obtenção das vazões outorgadas a montante da foz de cada segmento utilizou-se o cadastro de usuários de água da bacia, disponibilizado em versão eletrônica pelo IGAM, no qual constam as outorgas realizadas nos rios estaduais para todo o Estado de Minas Gerais, sendo este atualizado até setembro de 2007.

Entre as informações de cada outorga constam à localização, em coordenadas geográficas, o valor de vazão concedido e o período de vigência. Um pré-processamento dos dados constantes no cadastro de usuários foi realizado a fim de selecionar somente as outorgas da bacia em estudo.

De posse dessas informações procedeu-se ao cálculo, para cada foz de segmento da bacia, das vazões outorgadas à montante, considerando as outorgas vigentes no mês de setembro de 2007.

A identificação da foz de cada segmento da bacia foi realizada a partir da hidrografia da bacia, a

qual foi obtida do trabalho de Moreira (2006) na escala de 1:250.000.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificadas na bacia do rio do Sono, para o mês em análise – setembro de 2007, 29 outorgas superficiais vigentes, das quais 19 possuíam como finalidade a irrigação, seis o consumo humano e dessedentação de animais e quatro o consumo agroindustrial. A Figura 2 apresenta o mapa da bacia do rio do Sono com as suas respectivas outorgas vigentes no mês de setembro de 2007.

Dada à extensão da bacia, de aproximadamente 5.925 km<sup>2</sup>, e as constatações de intenso aproveitamento agropecuário na região (IGAM, 2006; Rodriguez, 2004) esperava-se um número superior de outorgas vigentes.

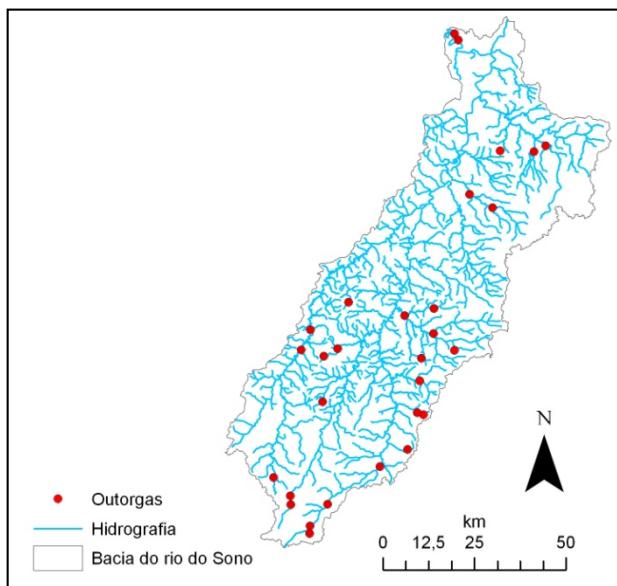


Figura 2 – Outorgas da bacia do rio do Sono vigentes no mês de setembro de 2007.

A utilização dos recursos hídricos sem o seu respectivo documento legal inviabiliza o cálculo da real demanda de água, fato que somente pode ser contornado com a realização de um amplo cadastro de usuários de água da bacia. Dessa forma, segundo (IGAM, 2006), é de fundamental importância o cadastramento dos usuários de água, de modo a permitir o estabelecimento dos usos e necessidades de água da bacia.

Dado este problema, O IGAM instituiu, por meio da Portaria nº 30, de 22 de agosto de 2007, a "Campanha de regularização do uso dos recursos hídricos em Minas Gerais - Água: faça o uso legal", a qual tem como objetivo informar e facilitar o acesso aos meios de regularização do uso da água, além de levantar dados sobre a utilização dos recursos hídricos no Estado.

Apesar do reconhecimento da necessidade do correto levantamento dos usos de água na bacia, as bases de dados de outorgas dos órgãos gestores de recursos hídricos correspondem a toda informação passível de ser analisada no cálculo da disponibilidade hídrica remanescente para outorga, motivo pelo qual, nos cálculos dos índices propostos, se utilizam as vazões outorgadas vigentes.

Na Tabela 1 apresentam-se as faixas de valores para classificação do índice de conflito pelo uso da água na gestão dos recursos hídricos ( $i_{cg}$ ), o número de segmentos enquadrados em cada uma das faixas e seu valor percentual em relação ao número de segmentos da bacia do rio do Sono.

Pela análise dos valores apresentados na Tabela 1, verifica-se que a bacia do rio do Sono possui 75,1% de seus segmentos sem a presença a montante de outorgas pelo uso da água. Tal fato deve-se a existência de apenas 29 outorgas na bacia, como apresentado na Figura 2.

Tabela 1 – Classificação dos segmentos da bacia do rio do Sono de acordo com o índice de conflito pelo uso da água na gestão dos recursos hídricos ( $i_{cg}$ )

Faixa de valor	Cor	Número de segmentos	% em relação à bacia
$i_{cg} = 0$	■	628	75,1
$0 < i_{cg} \leq 0,7$	■	113	13,5
$0,7 < i_{cg} \leq 0,9$	■	17	2,0
$0,9 < i_{cg} \leq 1$	■	4	0,5
$x i_{cg} \leq 1$	■	45	5,4
$x i_{cg} > 1$	■	29	3,5
<b>Total</b>		<b>836</b>	

As faixas de valores representadas pelas cores verde, amarelo e laranja correspondem a situação em que existem vazões passíveis de serem outorgadas. Verifica-se que em 91,1% dos segmentos de cursos d'água da bacia do rio do Sono as outorgas emitidas se encontram dentro do limite legal previsto pela legislação, o qual na bacia do rio do Sono corresponde a 30% da  $Q_{7,10}$ .

Apesar de 91,1% dos segmentos da bacia estarem dentro do limite legal de concessão de outorga, observa-se que em 8,9% dos segmentos de cursos d'água da bacia já foram outorgadas vazões superiores à vazão máxima permitível. Em 45 segmentos da bacia (5,4%) a vazão outorgada representa mais de 30% da  $Q_{7,10}$  enquanto que em 29 segmentos da bacia (3,5%) são verificadas vazões outorgadas superiores ao valor da  $Q_{7,10}$ .

Apesar dos órgãos gestores de recursos hídricos terem o comprometimento legal em respeitar os limites permissíveis de concessão de outorga, verifica-se com freqüência que as vazões concedidas por esses órgãos são superiores às permissíveis, em virtude da inexistência de ferramentas adequadas para o gerenciamento das outorgas emitidas.

Desse modo, o  $i_{cg}$  permite apontar as regiões em que as outorgas emitidas estão dentro dos limites legais, mostrando, através de um simbolismo utilizando cores, as faixas de valores ainda permissíveis de outorga, bem como as regiões em que já se outorgou vazões superiores às permissíveis pela legislação. Para o último caso, deve-se buscar um maior controle do uso da água ou até mesmo uma nova análise dos processos de outorga vigentes.

Na Figura 3 apresenta-se o mapa da bacia do rio do Sono com a espacialização dos valores de  $i_{cg}$ . Verifica-se que a bacia do rio do Sono, de maneira geral, possui uma situação confortável em relação ao índice de conflito pelo uso da água na gestão dos recursos hídricos, uma vez que na maioria da bacia os segmentos correspondem à coloração azul, verde, amarelo ou laranja, indicando uma condição na qual as outorgas vigentes estão dentro dos limites permissíveis de outorgas na bacia.

Verifica-se, no entanto, que em algumas regiões, notadamente no alto curso do rio Santo Antônio e no alto e médio curso do ribeirão das Almas, a existência de segmentos com vazões outorgadas superiores a 30% da  $Q_{7,10}$ , os quais são representados pelas colorações vermelha e roxa no mapa.

Uma maior situação de conflito pelo uso da água, indicada pela coloração roxa no mapa, é encontrada nas regiões de nascentes do rio Santo Antônio e ribeirão das Almas. Nessas regiões verifica-se a existência de vazões outorgadas superiores à vazão mínima de referência adotada no Estado de Minas Gerais ( $Q_{7,10}$ ).

Tais constatações levam a necessidade de análise do índice de conflito pelo uso da água no planejamento dos recursos hídricos, a fim de verificar a possibilidade de mitigação dos conflitos evidenciados a partir de ações de gestão e planejamento na bacia.

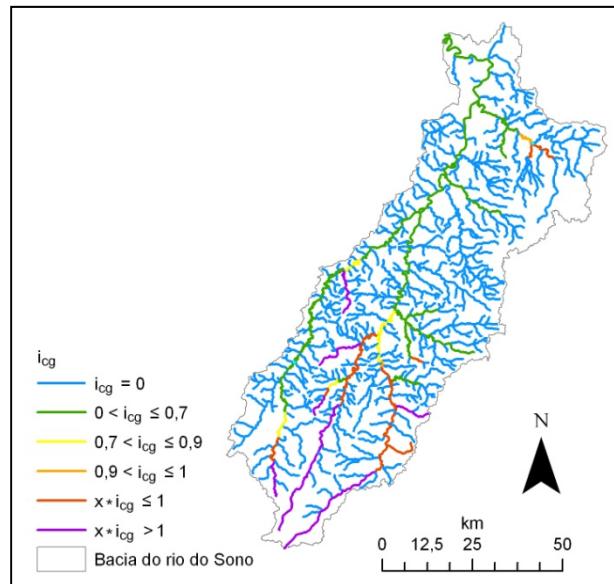


Figura 3 – Índice de conflito pelo uso da água na gestão dos recursos hídricos ( $i_{cg}$ ) da bacia do rio do Sono.

Na Tabela 2 apresentam-se as faixas de valores para classificação do índice de conflito pelo uso da água no planejamento dos recursos hídricos ( $i_{cp}$ ), o número de segmentos enquadrados em cada uma das faixas e seu valor percentual em relação ao número de segmentos da bacia do rio do Sono.

Da mesma forma como evidenciado na análise do  $i_{cg}$ , verifica-se que 75,1% dos segmentos da bacia do rio do Sono não possuem à montante outorgas pelo uso da água, sendo tal fato decorrente, como explicado anteriormente, da existência de apenas 29 outorgas vigentes na bacia.

Observa-se, ainda, que em 208 segmentos da bacia (24,9%) a vazão outorgada corresponde a um valor inferior à vazão média de longa duração.

Tal constatação permite afirmar que os conflitos pelo uso da água existentes podem ser contornados com ações de planejamento, como a construção de reservatórios de regularização.

Na Figura 4 apresenta-se o mapa da bacia do rio do Sono com a espacialização dos valores de  $i_{cp}$ . Verifica-se nesta figura que a bacia do rio do Sono possui uma situação confortável em relação ao índice de conflito pelo uso da água no planejamento dos recursos hídricos, uma vez que na maioria da bacia os segmentos correspondem a coloração azul, indicando a não existência de vazões outorgadas à montante do segmento, ou a coloração marrom, a qual indica que as vazões outorgadas são inferiores à vazão média.

De modo geral, a bacia do rio do Sono, apesar de possuir na maioria de seus cursos d'água uma situação confortável em relação ao  $i_{cg}$ , apresenta em algumas regiões conflitos pelo uso da água, os quais, pela análise do  $i_{cp}$  podem ser mitigados com a adoção de ações de gestão e planejamento.

IGAM (2006), ao verificar a existência de conflitos pelo uso da água na bacia do rio do Sono, sugere a redistribuição pela bacia dos usos de água, de forma a utilizar a disponibilidade hídrica em sua plenitude. Por sua vez, Rodriguez et al. (2006), ao verificarem o impacto das vazões consumidas em relação à vazão média de longa duração em diversas regiões da bacia do rio Paracatu, sugerem a construção de reservatórios de acumulação, os quais poderão permitir o crescimento das atividades econômicas na bacia sem comprometer a sustentabilidade desse desenvolvimento.

**Tabela 2 – Classificação dos segmentos da bacia do rio do Sono de acordo com o índice de conflito pelo uso da água no planejamento dos recursos hídricos ( $i_{cp}$ )**

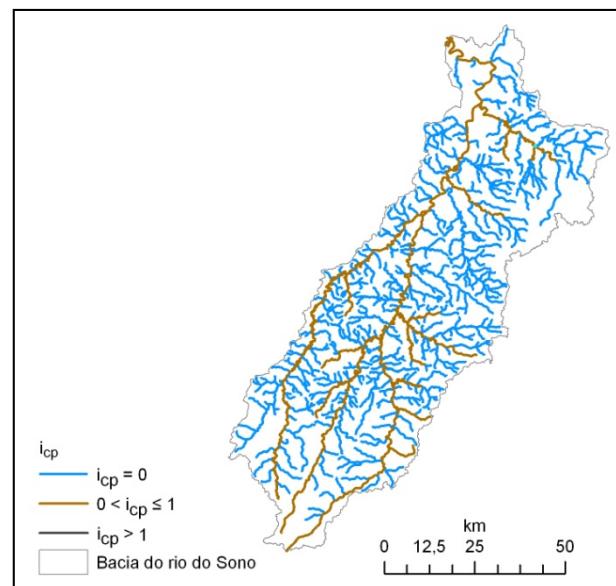
Faixa de valor	Cor	Número de segmentos	% em relação à bacia
$i_{cp} = 0$	■	628	75,1
$0 < i_{cp} \leq 1$	■	208	24,9
$i_{cp} > 1$	■	0	0
<b>Total</b>		<b>836</b>	

Pela análise do  $i_{cg}$  nota-se algumas partes da bacia com outorgas superiores aos limites permissíveis pela legislação (30% da  $Q_{7,10}$ ). Este fato, como evidenciado por IGAM (2006), remete à necessidade de se avaliar o uso atual, por meio de cadastro de usuários, e o uso futuro, por meio de políticas que visem o aumento de eficiência e melhor distribuição do uso da água.

A constatação de vazões outorgadas superiores ao limite legal de disponibilidade hídrica do Estado de Minas Gerais deve-se, em partes, ao fato de que o critério de 30% da  $Q_{7,10}$  ser muito restritivo. Segundo Johnson e Lopes (2003) este critério não representa, com exatidão, o potencial hídrico da região. O próprio IGAM, em questionário encaminhado à ANA (ANA, 2005a), salienta a necessidade da definição de diferentes critérios de outorga conforme as particularidades de cada região do Estado.

Outra importante constatação é o fato de que as emissões de outorgas se dão a partir do estabelecimento de vazões máximas de captação, sem

considerar a sua variabilidade temporal. Assim restringe-se o uso da água a uma situação crítica que somente ocorrerá, estatisticamente, durante sete dias uma vez a cada 10 anos.



**Figura 4 – Índice de conflito pelo uso da água no planejamento dos recursos hídricos ( $i_{cp}$ ) da bacia do rio do Sono.**

Mesmo com essas constatações a respeito do critério ser restritivo por não representar o potencial hídrico da região, os valores de  $i_{cg}$  de alguns segmentos apontam para o não cumprimento da legislação vigente, motivo pelo qual deve-se dar maior atenção à gestão de recursos hídricos dessa bacia.

Com a interpretação dos valores dos índices pode-se inferir a respeito da necessidade de adoção de ações de gestão e planejamento, apenas para a manutenção do estado atual ou com o intuito de proteger os recursos hídricos, visando o seu aproveitamento racional. No segundo caso, pode ser necessária a adoção de medidas estruturais como a construção de reservatórios de regularização e interligação de bacias, bem como de medidas não estruturais como alterações nas políticas públicas de concessão de outorga.

A quantidade e qualidade dos recursos hídricos estão associadas com a maioria dos conflitos pelo uso da água. Apesar dos índices propostos fornecerem subsídios para identificação de conflitos pelo uso da água visando o auxílio no processo de gestão e planejamento de recursos hídricos em uma

bacia, eles permitem uma análise no que se refere aos aspectos quantitativos. Para uma análise de aspectos qualitativos dos recursos hídricos em uma bacia devem ser utilizados índices para este fim, como o índice de qualidade de água (IQA).

Além disso, cabe salientar que o conhecimento das vazões outorgadas é toda base de dados oficial que o órgão gestor de recursos hídricos dispõe a respeito do uso da água em uma bacia. Verifica-se, no entanto, em diversas regiões, o uso da água sem o respectivo instrumento legal, gerando dessa forma maior comprometimento dos recursos hídricos do que a quantificação realizada pelos órgãos gestores a partir das outorgas vigentes.

Assim, é imperativo um maior controle sobre os usos de água sem o respectivo instrumento legal, visto que a captação de água sem a sua autorização compromete as ações do órgão gestor no que se refere ao controle quantitativo e qualitativo da água em uma bacia. Tal constatação vem sendo sancionada com adoção, em escala Federal e Estadual, de cadastramentos de usuários de água.

Dessa forma, a adoção dos índices propostos vem ao encontro das necessidades dos órgãos gestores de recursos hídricos no que se refere a um diagnóstico do comprometimento da disponibilidade hídrica em relação às outorgas vigentes. A escassez desses dados inviabiliza o Poder Público na adoção de um adequado programa de gestão e planejamento de recursos hídricos, o que vem acarretar, como evidenciado em algumas bacias brasileiras, a ocorrência de conflitos pelo uso da água.

## CONCLUSÕES

A análise dos resultados permite concluir que:

- Os índices conflito pelo uso da água na gestão dos recursos hídricos ( $i_{cg}$ ) e no planejamento dos recursos hídricos ( $i_{cp}$ ) permitem a identificação de regiões de conflitos pelo uso da água, fornecendo subsídios ao Poder Público na adoção de um adequado programa de gestão e planejamento de recursos hídricos.
- A bacia do rio do Sono, apesar de possuir apenas 29 outorgas vigentes, apresenta regiões com conflitos pelo uso da água, os quais podem ser minimizados com ações de gestão e planejamento.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPE-MIG e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

ALCAMO, J.; HENRICH, T.; ROSCH, T. *World Water in 2025 – Global modeling and scenario analysis for the World commission on Water for 21º Century*. Report A0002, Center for Environmental Systems Research. Germany: University of Kassel, 2000. 48p.

ANA – Agência Nacional de Águas. *Diagnóstico da outorga de direito de uso de recursos hídricos no país – Diretrizes e prioridades*. Brasília: Agência Nacional de Águas; Ministério do Meio Ambiente, 2005a. 143 p. Disponível em: <[http://www.ana.gov.br/pnhr\\_novo/Tela\\_Apresentacao.htm](http://www.ana.gov.br/pnhr_novo/Tela_Apresentacao.htm)>. Acesso em: 02 fev. 2006.

ANA – Agência Nacional de Águas. *Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil*. Brasília: Agência Nacional de Águas; Ministério do Meio Ambiente, 2005b. 123 p. Disponível em: <[www.ana.gov.br/pnhr\\_novo/Tela\\_Apresentacao.htm](http://www.ana.gov.br/pnhr_novo/Tela_Apresentacao.htm)>. Acesso em: 26 fev. 2008.

ANA – Agência Nacional de Águas. *Atlas Nordeste: abastecimento urbano de água: alternativas de oferta de água para as sedes municipais da Região Nordeste do Brasil e do norte de Minas Gerais*. Brasília: Agência Nacional de Águas; Consórcio Engecorps/Projetec/Geoambiente/Riversidade Technology. 2006. 80 p.

BRAGA, C. F. C.; RIBEIRO, M. M. R. Avaliação por múltiplos critérios e decisões de alternativas de gerenciamento da demanda de água. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v. 11, n. 1. p. 37-49, 2006.

BRASIL, Política Nacional de Recursos Hídricos. *Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. [S. I.]: MMA/ SRH, 1997.

EEA – European Environment Agency. *Indicator fact sheet*. Madri. Espanha: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, 2004. 8 p.

ELETROBRAS. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. *Metodologia para regionalização de vazões*. Rio de Janeiro, 1985.

FALKENMARK, M. et al. Water-related limitations to local development: Round Table discussion. *Ambio*. V. 16, p. 191-200, 1987.

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. *Plano diretor de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Paracatu*. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas; Comitê da sub-bacia hidrográfica do rio Paracatu, 2006. 384 p.

JOHNSON, R. M. F.; LOPES, P. D. *Projeto marca d'água seguindo as mudanças na gestão das bacias hidrográficas do Brasil*: caderno 1: retratos 3 x 4 das bacias pesquisadas. Brasília: Finatec, 2003, 212 p. v.1.

MOREIRA, M. C. *Gestão de recursos hídricos: sistema integrado para otimização da outorga de uso da água*. Viçosa, MG: UFV, 2006. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

OHLLSSON, L. Water conflicts and social resource scarcity. *Physics and Chemistry of the Earth*. v.25, n.3. p. 213-220, 2000.

RODRIGUEZ, R. del G. *Metodologia para estimativa das demandas e das disponibilidades hídricas na bacia do rio Paracatu*. Viçosa, MG: UFV, 2004. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

RODRIGUEZ, R. del G.; PRUSKI, F. F.; NOVAES, L. F. de; SILVA, D. D. da; RAMOS, M. M.; TEIXEIRA, A. F. Vazões consumidas pela irrigação e pelos abastecimentos animal e humano (urbano e rural) na bacia do Paracatu no período de 1970 a 1996. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v11, n.3, p. 211-22, 2006.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. de M.; PEREIRA, I. de C. *Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos*. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica Agência Nacional de Águas, 2001. 328 p.

SILVA, D. D.; RAMOS, M. M. *Planejamento e gestão integrados de recursos hídricos*. Brasília: MMA/SRH/ABEAS/UFV, 2001. 89 p.

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. *Water for people, water for life: UN world water development report (WWDR)*. Paris: UNESCO Publishing, 2003.

VALLS, J. X. *Carrying capacity in east sub-saharan Africa: a multilevel integrated assessment and sustainable development approach*. UPC, 1999. Doctoral Thesis – Universitat Politècnica de Catalunya, UPC, 1999.

YOFFE, S.; LARSON, K. *Water Event Database Methodology*. In: *Basins at Risk: Conflict and Cooperation Over International Freshwater Resources*, YOFFE, S. (Editor). Disponível em: <[www.transboundarywaters.orst.edu/projects/bar/BAR\\_chapter2.htm](http://www.transboundarywaters.orst.edu/projects/bar/BAR_chapter2.htm)>. Acesso em 05 mar. 2008.

YOFFE, S.; WOLF, A. T.; GIORDANO, M. Conflict and cooperation over international freshwater resources: indicators of basins at risk. *Journal of the American Water Resources Association*, v. 39, p. 1109-1126, 2003.

### **Indices for the Identification of Water use Conflicts: Methodological Proposition and Case Study**

#### **ABSTRACT**

In the present work, two indexes are proposed for identification of water use conflicts considering flows granted and water availability. The water resources management index ( $i_{cg}$ ) seeks to help support decisions related to water resources management. The water resources planning index ( $i_{cp}$ ) seeks to support the planning actions. A color scale associated with the values of the indexes is suggested, enabling the elaboration of  $i_{cg}$  and  $i_{cp}$  maps of hydrological basins. The case study was accomplished for the Rio do Sono basin, which constitutes one of the main tributaries for the formation of Paracatu river flows. The following were used to calculate the indices: the seven-day minimum flow with a 10-year return period ( $Q_{7,10}$ ), the medium long-duration flow ( $Q_{mla}$ ), the granted flows ( $Q_{oul}$ ), the digital model of elevation and the hydrograph of the basin studied. The analysis of  $i_{cg}$  and  $i_{cp}$  allowed verifying that although currently there are only 29 grants in force in the Rio do Sono basin, it presents areas with water use conflicts, which can be minimized by management and planning. The adoption of the proposed indexes fits the needs of the water resources management institutions as regards the diagnosis the commitments of water availability in relation to the amount already granted. The shortage of granted uses and law enforcement makes it unfeasible to adopt an appropriate program for the water resources management and planning, which, as already seen in several Brazilian basins, leads to water use conflicts.

**Key-words:** water conflicts, grants, water availability.