PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA DE COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA VINCULADA À ESCASSEZ

Patrick Thomas[1], Paulo Canedo de Magalhães[2], José Paulo Soares de Azevedo[3]

RESUMO

O objetivo central deste trabalho é propor uma nova metodologia de cobrança que seja capaz de considerar, de forma precisa e abrangente, o impacto de um determinado usuário sobre os demais usuários da bacia hidrográfica.

Para quantificar esse impacto, é proposto um novo conceito denominado "escassez de outorga", calculado com auxílio de um modelo de análise de outorgas que determina, para qualquer trecho da bacia, a vazão outorgável.

Com a utilização da escassez como base de cálculo do mecanismo de cobrança, pode-se adotar um único parâmetro para caracterizar qualquer uso da água em qualquer local da bacia. Desse modo, possibilita-se a adoção de uma base de cálculo única, e consequentemente, de um preço unitário único para todos os usos, simplificando, de forma significativa, o mecanismo de cobrança. Além disso, ao "enxergar" os impactos que um usuário causa aos outros, a metodologia torna a cobrança pelo uso da água mais transparente, dando-lhe maior credibilidade e facilitando a sua aplicação.

Finalmente, para demonstrar a capacidade da metodologia de cobrança proposta de atender aos objetivos deste trabalho, simula-se a sua aplicação a um caso real: a bacia do rio Paraíba do Sul.

ABSTRACT

This work's main objective is to propose a new methodology to charge for the use of water that considers, in a broad and precise manner, the impact of a specific water user over the other water users located in the river basin.

In order to quantify this impact it is herein proposed a new concept, called "scarcity of water permits", which is calculated with the support of a system of water permit analysis that determines the discharges available to water permit in any part of the basin.

Using scarcity as the basis for calculating the water charge mechanism, it is possible to use a single parameter to characterize any kind of water use anywhere in the river basin. This enables the use of only one calculation basis, and consequently, of only one unitary price for all kinds of use, thus simplifying significantly the charging mechanism and facilitating comparisons among users.

[1 2 3] COPPE/UFRJ – Área de Recursos Hídricos - CEP 21945-970 – Caixa Postal 68540 – Tel.: (21) 2562-7837 – Fax (21) 2562-7836 – patrick@hidro.ufrj.br, canedo@hidro.ufrj.br, zepaulo@hidro.ufrj.br

The capacity to discern, in a broad and precise manner, the impact of any water user over the other water users in the river basin makes charging for water use more transparent, increasing its credibility and facilitating its application. Finally, in order to demonstrate that the proposed water charge methodology responds to the objectives of this work, some simulations were undertaken for a real case: the Paraíba do Sul river basin.

PALAVRAS-CHAVE

Cobrança; outorga; escassez.

INTRODUÇÃO

Determina-se o valor econômico de um bem pela relação entre a oferta e a procura por esse bem no mercado. Quando a oferta é maior que a procura, o valor do bem tende a diminuir mas, quando a oferta é menor que a procura, o bem torna-se mais escasso e o seu valor tende a aumentar.

Contudo, a água no Brasil é um bem público, inalienável, e não pode ser negociada no mercado. Logo, o seu valor não pode ser determinado pela relação entre oferta e procura. Resta então a pergunta: como determinar o valor da água?

Essa é uma pergunta difícil de ser respondida. Entretanto, a sua resposta pode, e deve, passar pela determinação da escassez da água. Quanto maior for a escassez da água, maior tenderá a ser o seu valor. E, com base no conceito de escassez, desenvolve-se a proposta de metodologia de cobrança pelo uso da água apresentada nesse trabalho.

A primeira etapa do desenvolvimento desse trabalho constitui-se da revisão da estrutura dos mecanismos de cobrança existentes em outros países do mundo, analisando a sua inter-relação com a nova política de recursos hídricos do Brasil e procurando definir pontos que possam ser aperfeiçoados.

ESTRUTURA DOS MECANISMOS DE COBRANÇA EXISTENTES

A estrutura dos mecanismos de cobrança existentes constitui-se, em geral, de três partes: a base de cálculo, o preço unitário e os coeficientes. A base de cálculo é determinada em função do uso da água. Normalmente, o parâmetro para caracterizar o uso quantitativo é a vazão e para caracterizar o uso qualitativo, a carga de poluentes lançada. No Brasil, no entanto, propõe-se uma abordagem pioneira, que visa integrar gestão de quantidade com gestão de qualidade, através da "transformação" de carga lançada em vazão de diluição.

Já o preço unitário é determinado em função dos objetivos da cobrança, que no Brasil foram definidos como: obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos; incentivar a racionalização do uso da água; e reconhecer a água como bem econômico dando ao usuário uma indicação de seu real valor. Da análise das principais teorias econômicas de formação do preço da água, que visam atender a esses objetivos, percebe-se que há diversas limitações para a sua aplicação. Entretanto, destacam-se duas limitações, que dizem respeito à aplicação dessas teorias ao caso específico da água: a complexidade para caracterizar a dinâmica da poluição em uma bacia hidrográfica; e a interligação entre os seus trechos.

Com relação aos coeficientes, observou-se que a sua criação resultou da necessidade de adaptação da estrutura de cobrança para atender a uma série de objetivos específicos, como diferenciar a cobrança em função do tipo de uso, da localização do usuário, etc. Contudo, apesar dos coeficientes serem amplamente utilizados, nem sempre são quantificados de forma precisa sendo, por vezes, determinados através de negociações políticas. Dependendo da quantidade e da forma como forem empregados os coeficientes, pode-se ter significativas alterações no valor final da cobrança, podendo fazer o mecanismo de cobrança perder transparência e, consequentemente, credibilidade.

Finalmente, após a análise da estrutura dos mecanismos de cobrança existentes e dos pontos que nela poderiam ser aperfeiçoados, selecionou-se um ponto específico que deu origem ao objetivo central deste trabalho que é: **propor uma nova metodologia de cobrança, que seja capaz de considerar, de forma precisa e abrangente, o impacto de um determinado usuário sobre os demais usuários da bacia hidrográfica**.

CONSTRUÇÃO DA METODOLOGIA

A base conceitual para construção da metodologia aqui proposta é o impacto que um usuário causa aos demais usuários na bacia. Esse impacto pode ser de ordem hidrológica, econômica, política ou social. Devido à complexidade do assunto e à magnitude de tal avaliação, este trabalho concentra-se na análise do impacto hidrológico.

Entende-se impacto hidrológico, ou apenas impacto, como a indisponibilização de vazões causada por um determinado usuário aos demais usuários na bacia. Neste trabalho, a análise deste impacto baseia-se no seguinte pressuposto: "*O impacto que um usuário causa sobre os demais usuários na bacia é diretamente influenciado pelo tipo de uso da água, pela posição do usuário na bacia e pelo uso global da água no momento de análise do impacto.*" A seguir, analisa-se detalhadamente a influência de cada um destes três fatores no impacto de um determinado usuário sobre os demais usuários na bacia.

Tipo de uso

Considera-se como tipos de uso da água: a captação, o consumo e a diluição. A captação é definida como a retirada de água do corpo hídrico. Cita-se como exemplo do uso exclusivo de captação, as usinas hidrelétricas a fio d'água. Já o consumo, é definido como a parcela do uso de captação que não é devolvida ao corpo hídrico, como ocorre nas transposições de bacia. A diluição, finalmente, é definida como a quantidade de água necessária para diluir uma carga poluente. O lançamento de esgotos sem tratamento no rio exemplifica este tipo de uso. Na prática, são poucos os usuários que exercem um tipo de uso exclusivamente. A maioria capta, consome e dilui ao mesmo tempo.

Captação - Para análise do impacto relativo aos tipos de uso, considera-se o exemplo esquemático de uma bacia composta de um rio principal e dois afluentes, um em cada margem. Nessa bacia estão instalados quatro usuários hipotéticos, U_2, U_3, U_4 e U_5. Considerando os usos da água destes usuários, a bacia possui uma vazão disponível para captação, na sua foz, de 15 m^3/s. Dessa vazão, 5 m^3/s provém do afluente da margem esquerda, 5 m^3/s do afluente da margem direita e 5 m^3/s do rio principal, como indicado na figura 1.

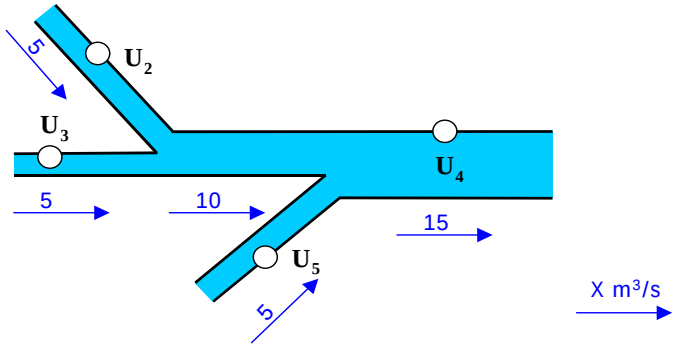

Figura 1 – Exemplo esquemático de uma bacia para análise do impacto relativo ao tipo de uso.

Agora, imagine que um novo usuário, denominado U_1, decida instalar-se nessa bacia, entre as confluências dos dois afluentes com o rio principal. O usuário U_1 retira 10 m^3/s do rio e devolve, nas mesmas condições, 10 m^3/s, como indicado na figura 2.

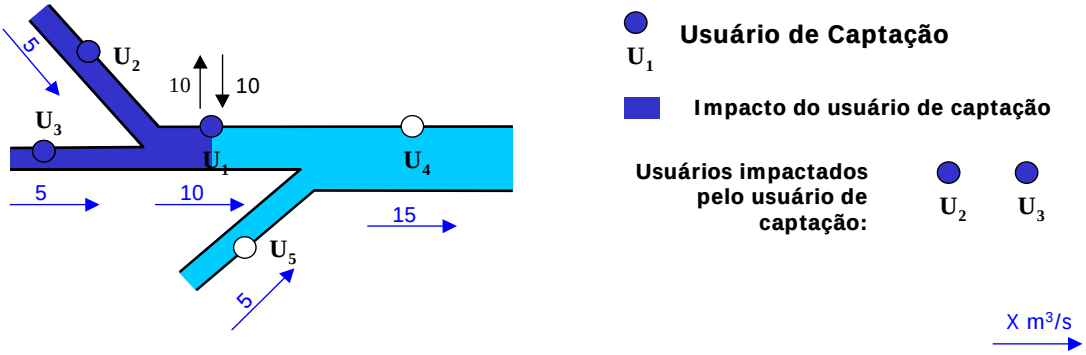

Figura 2 - Exemplo esquemático para análise do impacto do uso de captação de um determinado usuário sobre os outros em uma bacia.

O usuário U_4, situado a jusante de U_1, não será impactado porque U_1 devolve toda a água que deriva. Para ele tudo se passa como se U_1 não existisse. O usuário U_5, localizado num afluente que deságua no rio principal a jusante de U_1, também não será impactado. Para ele, tudo também se passa como se U_1 não existisse. Já os usuários U_2 e U_3, situados a montante de U_1, serão impactados. Isto porque a vazão, no trecho de rio onde esses usuários se localizam, estará "reservada" para U_1 e não poderá mais ser utilizada. Portanto, apesar da água estar <u>fisicamente</u> disponível nos trechos onde se localizam U_2 e U_3, ela estará <u>legalmente</u> indisponível para outorga.

Destaca-se que U_2 e U_3 somente serão impactados se forem consumidores, ou seja, sendo exclusivamente captadores ou diluidores, não serão impactados. Se forem exclusivamente captadores, devolverão ao rio toda a água derivada e, portanto, o seu uso não afetará em nada a quantidade de água disponível para U_1. Se forem exclusivamente diluidores, também não haverá alteração na quantidade de água disponível para U_1 [2]. Consequentemente, U_2 e U_3, sendo exclusivamente captadores ou diluidores, são independentes de U_1 e não serão por ele impactados.

Portanto, ***um usuário captador pode indisponibilizar água para usuários consumidores, situados a montante.*** Deve-se observar que, dependendo da quantidade de água utilizada pelo usuário captador e da vazão disponível no seu trecho e nos trechos a montante, nem todos os usuários a montante serão impactados.

Consumo - Para análise do uso de consumo, considera-se agora que o novo usuário U_1 retira 10 m^3/s e não devolve nada ao rio, como indicado na figura 3.

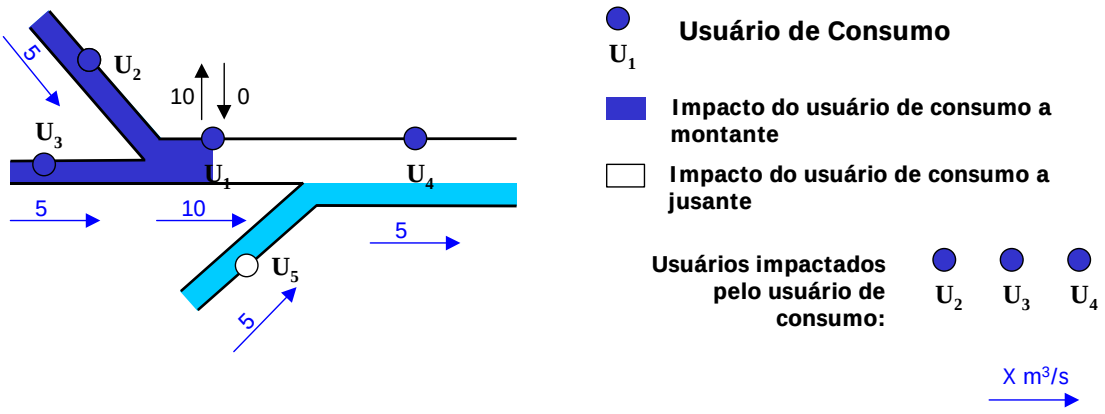

Figura 3 - Exemplo esquemático para análise do impacto do uso de consumo de um determinado usuário sobre os outros em uma bacia.

[2] Se U_2 e U_3 forem diluidores, haverá alteração apenas na qualidade da água para U_1. No entanto, supõe-se neste trabalho que todos os diluidores irão lançar poluentes até o limite de classe do enquadramento do rio, ou seja, não haverá violações de classe. Com isso, captadores e consumidores, situados a jusante, retirarão sempre água do rio dentro do limite de enquadramento e, portanto, não serão influenciados por diluidores localizados a montante.

Para os usuários U_2, U_3 e U_5, tudo se passa da mesma maneira como no exemplo anterior, quando U_1 era exclusivamente captador. Vale também a observação de que U_2 e U_3 somente serão impactados se forem consumidores. Já o usuário U_4, que não havia sido impactado quando U_1 era captador, agora será impactado. Isso ocorre devido ao consumo de U_1, de 10 m^3/s, que faz com que a vazão disponível para U_4, situado no mesmo rio a jusante, baixe de 15 m^3/s para 5 m^3/s.

Destaca-se que neste caso, como U_1 efetivamente retira a água do rio, não importa se U_4 é captador, consumidor ou diluidor, ele será impactado de qualquer maneira. Assim, ***um usuário consumidor pode indisponibilizar água para usuários consumidores situados a montante e indisponibilizará inevitavelmente água para todos os usuários captadores, consumidores ou diluidores situados a jusante.***

Diluição - Para análise do uso de diluição, considera-se agora que o novo usuário U_1 lança 50 g/s de DBO no rio. Considerando-se que o rio está enquadrado na classe 2 do CONAMA e dividindo-se a carga lançada pela concentração limite de DBO desta classe (5 mg/l), encontra-se uma vazão alocada para diluição de 10 m^3/s, como indicado na figura 4.

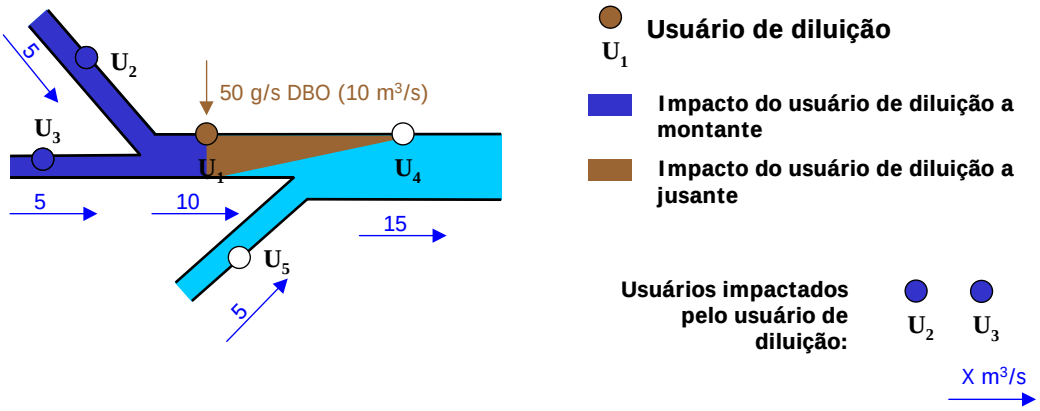

Figura 4 - Exemplo esquemático para análise do impacto do uso de diluição de um determinado usuário sobre os outros em uma bacia.

Para simplificar o entendimento, considera-se hipoteticamente que o usuário U_1 não capta água do rio, ou seja, lança a carga de DBO diretamente no corpo hídrico. Por ser não-conservativa, a DBO decai com o tempo e considera-se neste exemplo que sua concentração no rio chega a zero[3] no ponto imediatamente à montante de U_4. Para os usuários U_2, U_3 e U_5, tudo se passa, a princípio, da mesma maneira como nos dois exemplos anteriores, quando U_1 era exclusivamente captador e consumidor. Logo, conclui-se que o uso da água de um determinado usuário (U_1) pode impactar usuários consumidores situados a montante (U_2 e U_3), independente do tipo de uso que esse determinado usuário (U_1) exerça.

[3] Adotou-se essa hipótese para facilitar a compreensão do exemplo, apesar de, na prática, isso dificilmente ocorrer.

Ressalta-se, no entanto, que a observação quanto ao fato de U_2 e U_3 somente serem impactados se forem consumidores, não vale no caso de U_1 ser diluidor de DBO. Neste exemplo, se U_2 ou U_3 também forem diluidores de DBO, a vazão de diluição alocada por eles talvez não possa mais ser utilizada para diluir a carga lançada por U_1. Essa possibilidade depende do decaimento da concentração de DBO do ponto de lançamento de U_2 ou U_3 até o ponto onde se localiza U_1. Por outro lado, se U_2 ou U_3 forem diluidores de um poluente diferente de DBO, não serão impactados. Portanto, conclui-se que os usuários U_2 e U_3 podem ser impactados por U_1 se forem consumidores ou diluidores do mesmo poluente.

O usuário U_4 não é impactado porque a carga de DBO lançada por U_1 decai a zero antes de chegar a U_4. Se U_1 lançar uma carga de um poluente conservativo, ou seja, que não sofre decaimento ao longo do rio, o usuário U_4 poderá ser impactado. Deve-se destacar que U_4 somente será impactado se for diluidor do mesmo poluente. Caso U_4 seja captador, consumidor ou diluidor de outro poluente, não será impactado por U_1.

Desse modo, ***um usuário diluidor pode indisponibilizar água para os usuários consumidores situados a montante, bem como para os usuários diluidores do mesmo poluente situados a montante e a jusante.*** A seguir, apresenta-se a tabela 1, que resume os impactos de um determinado usuário sobre os demais usuários na bacia, relativos a cada tipo de uso da água .

POTENCIAL IMPACTO A MONTANTE	**TIPO DE USUÁRIO**	**POTENCIAL IMPACTO A JUSANTE**
CONSUMIDORES	**CAPTADOR**	-
CONSUMIDORES	**CONSUMIDOR**	**CAPTADORES, CONSUMIDORES E DILUIDORES *** (qualquer poluente)
CONSUMIDORES E DILUIDORES (mesmo poluente)	**DILUIDOR**	**DILUIDORES** (mesmo poluente)

Tabela 1 - Resumo dos impactos de um usuário sobre os outros, relativas a cada tipo de uso da água.

Percebe-se que, dentre os três tipos de uso, o consumo é aquele que mais impacta os outros usuários.

Localização do usuário na bacia

Para analisar a influência da posição do usuário no impacto que ele causa aos demais usuários na bacia, será utilizado o exemplo esquemático de um rio, cuja vazão disponível para outorga é de 10 m^3/s.

* O impacto a jusante de um consumidor não é potencial e sim inevitável

Neste rio estão instalados dois usuários: um aqüicultor (U_2) e uma usina hidrelétrica a fio d'água (U_3), que captam cada um 10 m^3/s e devolvem 10 m^3/s, nas mesmas condições, como indicado na figura 5.

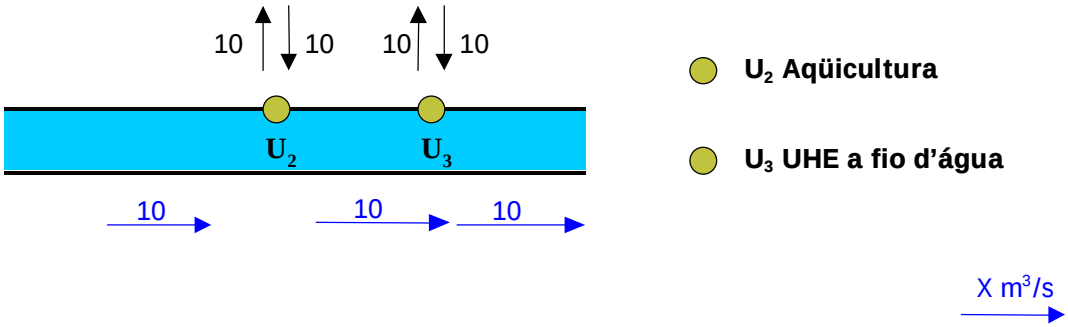

Figura 5 - Exemplo esquemático para análise do impacto relativo à posição de um determinado usuário sobre os outros em uma bacia – Usuários U_2 e U_3 instalados no rio.

Agora, imagine que um usuário consumidor (U_1), que capta 5 m^3/s e nada devolve ao corpo hídrico, decida instalar-se neste rio. Caso o usuário U_1 decida instalar-se a montante do usuário U_2, seu uso impactará os usuários U_2 e U_3. Isso ocorre porque o uso da água do usuário U_1 reduzirá a vazão disponível, no ponto onde se localizam os usuários U_2 e U_3, de 10 m^3/s para 5 m^3/s, como indicado na figura 6.

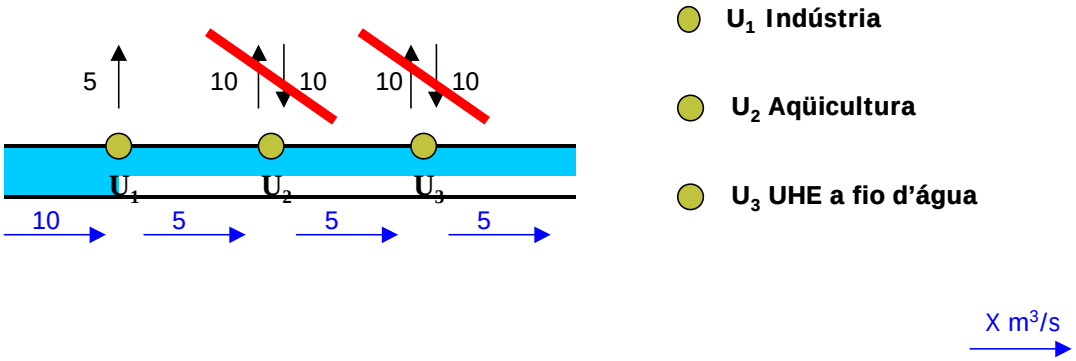

Figura 6 -Exemplo esquemático para análise do impacto relativo à posição de um determinado usuário sobre os outros em uma bacia – entrada do usuário U_1 a montante do usuário U_2.

Como os usuários U_2 e U_3 captam, cada um, 10m^3/s, correrão o risco de terem suas atividades inviabilizadas devido ao impacto causado por U_1. No entanto, a situação será diferente se o usuário U_1 decidir instalar-se a jusante do usuário U_3, como indicado na figura 7.

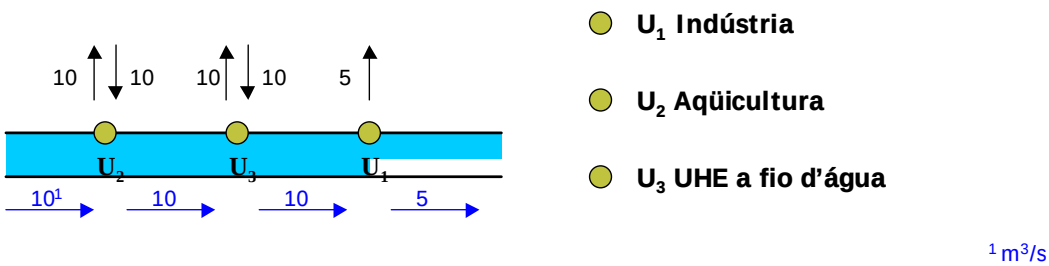

Figura 7 -Exemplo esquemático para análise do impacto relativo à posição de um determinado usuário sobre os outros em uma bacia – entrada do usuário U_1 a jusante do usuário U_3.

Estando o usuário U_1 localizado a jusante de U_3, seu impacto sobre os dois outros usuários será nulo. Esse resultado está de acordo com a afirmação de que um usuário consumidor pode indisponibilizar água apenas para os usuários consumidores situados a montante. Como os usuários U_2 e U_3 são usuários captadores, não serão afetados pelo usuário consumidor U_1.

No entanto, no exemplo analisado, foram considerados apenas usuários de captação e consumo. Para prosseguir na análise da influência da localização do usuário no seu impacto, necessita-se analisar também um exemplo com um usuário diluidor. Imagine que, ao invés do aqüicultor e da UHE a fio d'água, esteja instalado no rio uma indústria (U_2), que capta 5 m^3/s e devolve 5 m^3/s, com uma carga de 40g de DBO, como indicado na figura 8. Considera-se o usuário U_2 como um diluidor de 8 m^3/s.

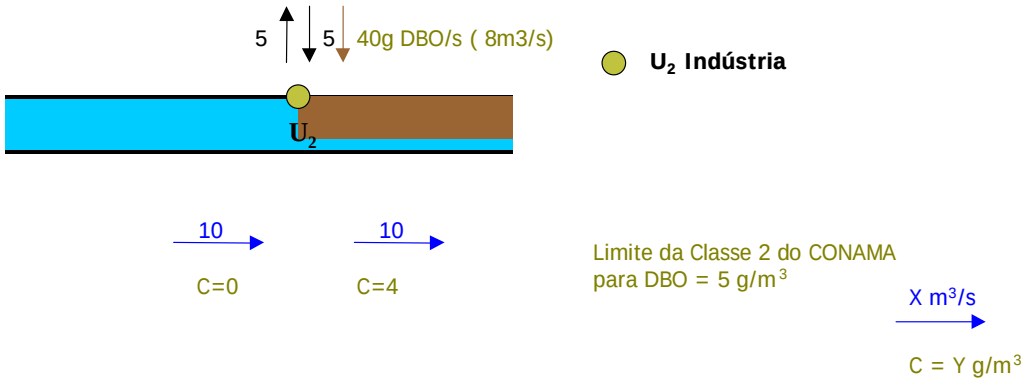

Figura 8 - Exemplo esquemático para análise do impacto relativo à posição de um determinado usuário sobre os outros em uma bacia – usuário U_2 instalado no rio.

Agora, imagine que um novo usuário U_1 decida instalar-se no rio captando 5 m^3/s e não devolvendo nada ao corpo hídrico. Caso decida instalar-se a montante do usuário U_2, seu uso o impactará porque a vazão disponível para diluição, no ponto onde se localiza U_2, será reduzida de 10 m^3/s para 5 m^3/s. Como o usuário U_2 necessita 8 m^3/s para diluição, sua atividade poderá ser inviabilizada ou, caso ele mantenha seu uso, a concentração de DBO no rio aumentará para 8 mg/l levando à violação de classe neste trecho, como indicado na figura 9.

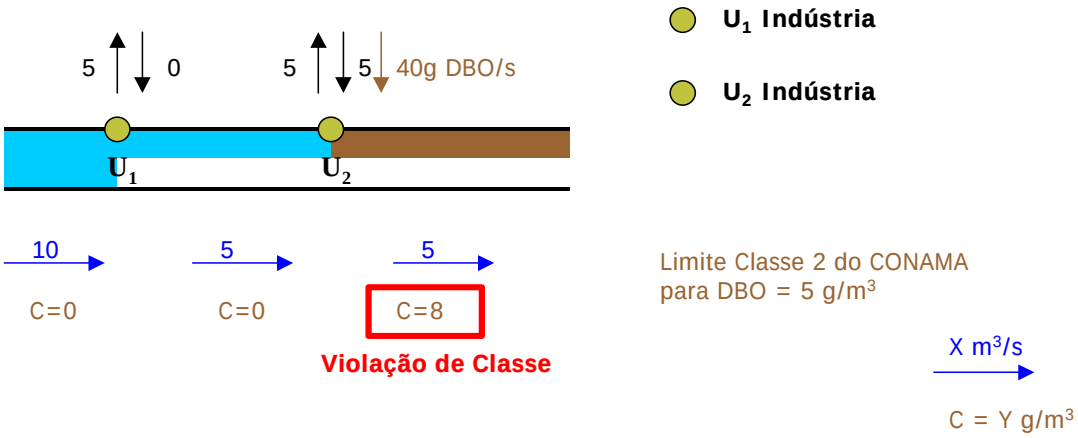

Figura 9 - Exemplo esquemático para análise do impacto relativo à posição de um determinado usuário sobre os outros em uma bacia – entrada do usuário U_1 a montante do usuário U_2.

Por outro lado, caso o usuário U_1 decida instalar-se a jusante do usuário U_2, seu uso em nada o impactará. Isso porque a vazão disponível para diluição onde se localiza U_2 permanece em 10 m^3/s, suficientes para diluir a carga lançada sem que ocorra violação de classe, como indicado na figura 10.

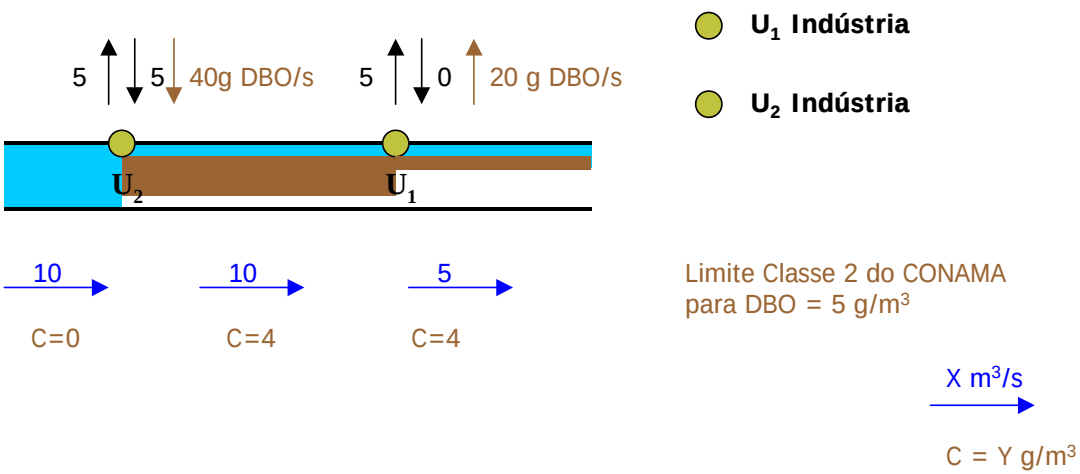

Figura 10 - Exemplo esquemático para análise do impacto relativo à posição de um determinado usuário sobre os outros em uma bacia – entrada do usuário U_1 a jusante do usuário U_2.

Note que o usuário U_1, ao retirar 5 m^3/s de água do corpo hídrico, retira também 20 g/s de DBO. A concentração de DBO, no entanto, permanece inalterada em 4 g/m^3 (= 4 mg/l).

Portanto, os dois exemplos apresentados demonstram que a posição de um determinado usuário na bacia hidrográfica influencia o seu impacto sobre os outros usuários situados na mesma bacia. Além disso, o resultado do último exemplo comprova a afirmação de que um usuário consumidor pode indisponibilizar água para os usuários consumidores situados a montante. Como o usuário U_2 é um usuário diluidor, apesar de estar a montante, não será afetado pelo usuário consumidor U_1.

Uso global da água no momento de análise do impacto

Define-se uso global da água no momento de análise do impacto como o conjunto dos usos da água de todos os usuários instalados na bacia no momento de análise do impacto. Para estudar a influência deste fator, utiliza-se o exemplo esquemático de um rio, onde encontra-se instalado um usuário U_3, cujo uso é indiferente. A vazão disponível no rio é de 10 m^3/s.

Imagine que os usuários U_1 e U_2 decidam instalar-se nesse rio, sendo U_1 a montante de U_3 e U_2 a montante de U_1. Ambos usuários captam 5 m^3/s sendo que o usuário U_1 não devolve nada e o usuário U_2 devolve 5 m^3/s, com uma carga de 25g de DBO, que corresponde a uma vazão alocada para diluição de 5 m^3/s.

Espera-se, a princípio, que o impacto conjunto de U_1 e U_2 seja a indisponibilização de 10 m^3/s, que resulta da soma dos impactos individuais de cada um. No entanto, não é isso que ocorre, como pode ser observado na figura 11.

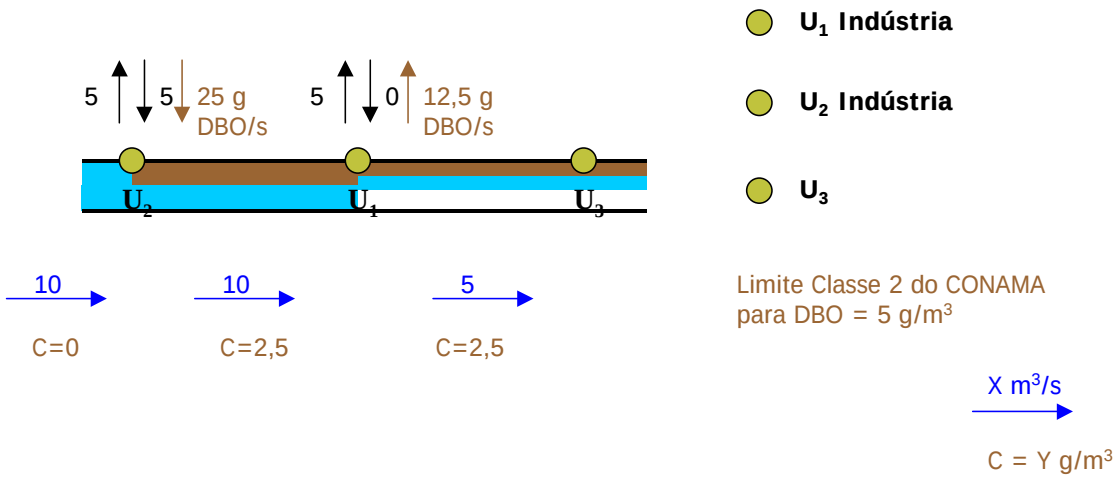

Figura 11 - Exemplo esquemático para avaliação da influência do uso global da água no momento de análise do impacto.

O impacto conjunto de U_1 e U_2 será a indisponibilização de 7,5 m^3/s, sendo 5 m^3/s efetivamente retirados do corpo hídrico e 2,5 m^3/s alocados para diluição. O impacto conjunto de U_1 e U_2 é diferente da soma dos seus impactos individuais porque o usuário U_1 tem influência sobre o impacto do usuário U_2. Essa influência se deve à retirada de 12,5 g/s de DBO, efetuada por U_1 quando da sua retirada de 5 m^3/s de água. Dessa forma, conclui-se que o impacto de dois ou mais usuários juntos pode ser menor que a soma dos seus impactos individuais, mas nunca o contrário. Essa conclusão carateriza a não-linearidade do impacto de um usuário sobre os outros em função do uso global da água na bacia. Essa não-linearidade pode ser também influenciada pelo efeito sinérgico, existente entre alguns poluentes.

Resumindo, para uma real caracterização do uso da água de um determinado usuário, necessita-se avaliar os tipos de uso da água exercidos por este usuário, a sua localização na bacia e o uso global da água no momento da análise do seu impacto.

METODOLOGIA PROPOSTA

Para quantificar o impacto que o uso da água de um determinado usuário causa aos demais na bacia, é proposto um conceito denominado “escassez de outorga”. A escassez de outorga, ou simplesmente escassez, é definida pela relação entre a vazão outorgada e a vazão outorgável. Com isso, em uma bacia onde nenhuma vazão tiver sido outorgada, a escassez será igual a zero. Já em outra bacia, onde todas as vazões disponíveis já tiverem sido outorgadas, a escassez será igual a 100% ou 1. Portanto, quanto maior for a quantidade de vazões outorgadas na bacia, maior será a escassez dessa bacia.

Quando a primeira outorga é concedida em uma bacia, a vazão outorgável total naquela bacia diminui. Para diferenciar a vazão outorgável inicial da bacia - antes que qualquer usuário lá se instale - e as vazões outorgáveis após a instalação dos usuários, serão definidos dois termos: vazão bruta disponível para outorga (Q_B) e vazão líquida disponível para outorga (Q_L). Define-se Q_B como a vazão total outorgável, em um determinado trecho, rio ou bacia, considerando que não haja nenhum usuário lá instalado e Q_L como a vazão total outorgável, em um determinado trecho, rio ou bacia, considerando todos os usuários lá instalados. A vazão total outorgada será, portanto, o resultado da subtração de Q_B por Q_L. Com isso, a escassez em um determinado trecho, rio ou bacia pode ser expressa pela equação 1 apresentada a seguir.

$$E = \frac{Q_B - Q_L}{Q_B} \qquad (1)$$

Desenvolvendo-se a equação 1 para considerar: os impactos que um usuário causa aos demais usuários localizados a montante e a jusante; o tipo de uso da água; e o comprimento dos trechos em que foi discretizada a bacia, encontra-se a equação 2 que calcula escassez para cada tipo de uso na bacia.

$$E_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} (Q_{B_{ij}} - Q_{L_{ij}}) . L_i}{\sum_{i=1}^{n} Q_{B_{ij}} . L_i} \qquad (2)$$

onde:
i = trecho
j = tipo de uso (captação, consumo, diluição de DBO, diluição de coliformes, etc.)
L = comprimento do trecho
Q_B = Vazão bruta disponível para outorga
Q_L = Vazão líquida disponível para outorga

A aplicação desta equação requer a determinação de Q_B e Q_L para cada tipo de uso, em cada trecho da bacia. A determinação da vazão bruta disponível para outorga (Q_B) implica no conhecimento das vazões mínimas ao longo dos trechos da bacia e na determinação da parcela dessas vazões que poderá ser outorgada. As vazões mínimas são determinadas através da aplicação de métodos estatísticos às séries de vazões naturais[4], como a Q_{95} ou a $Q_{7,10}$. Com relação à parcela das vazões mínimas que poderá ser outorgada, normalmente, a autoridade outorgante reserva uma vazão para a manutenção dos ecossistemas aquáticos, denominada de vazão ecológica (Q_{eco}). A variação de Q_B em função do tipo de uso também deverá ser definida pela autoridade outorgante. A autoridade outorgante pode considerar, por exemplo, que a vazão ecológica pode ser utilizada para diluição de poluentes. Neste caso as Q_B de diluição serão maiores que as Q_B de captação e consumo.

Para determinação da vazão líquida disponível para outorga (Q_L) em um determinado trecho, compara-se a disponibilidade bruta de água naquele trecho (Q_B), com os usos de captação, consumo e diluição de poluentes existentes na bacia, a montante e a jusante do trecho de interesse. No quadro 1 apresenta-se as

[4] Considera-se vazão natural como a vazão do rio sem que haja nenhum usuário instalado na bacia, inclusive reservatórios que promovam regularização de vazões.

equações e conceitos, baseadas na proposta de LYRA *et al* (2001), que são utilizadas, neste trabalho, para determinação das Q_L.

$Q_{L\ cap}$	=	*Folga Quantitativa* no trecho de interesse
$Q_{L\ con}$	=	MIN { - *Folga Quantitativa* no trecho de interesse - Menor (*Folga Quantitativa* – Q_{NCON}) nos trechos a jusante - Menor (*Folga Quantitativa* – ΣQ_{DIL}) nos trechos a jusante
$Q_{L\ dil}$	=	MIN { - *Folga de Diluição* no trecho de interesse - Menor (*Folga de Diluição* + ΣQ_{CON}) nos trechos a jusante corrigida[1]

Onde,

Folga Quantitativa	:	$Q_{B\ con}$	-	ΣQ_{con} nos trechos de montante (incluindo o trecho de interesse)
Folga de Diluição	:	$Q_{B\ dil}$	-	ΣQ_{con} nos trechos de montante (incluindo o trecho de interesse) - ΣQ_{dil} nos trechos de montante (incluindo o trecho de interesse e considerando o decaimento[2])

E,

$Q_{B\ con}$ e $Q_{B\ dil}$	·	Vazões brutas disponíveis para outorga de consumo e diluição respectivamente
$Q_{L\ cap}$, $Q_{L\ con}$ e $Q_{L\ dil}$	·	Vazões líquidas disponíveis para outorga de captação, consumo e diluição respectivamente
Q_{con} e Q_{dil}	·	Vazões outorgadas para consumo e diluição respectivamente
Q_{ncon}	·	Vazão não-consuntiva = parcela da vazão captada que é devolvida ao corpo hídrico = $Q_{cap} - Q_{con}$

[1] A correção das folgas de diluição a jusante considera que, no trecho de interesse, estas folgas serão maiores pois haverá decaimento dos poluentes não-conservativos no percurso entre o trecho de interesse e o trecho onde se localiza a folga.

[2] A correção das Qdil de montante considera que haverá decaimento dos poluentes não-conservativos no percurso entre o trecho de montante e o trecho de interesse.

Quadro 1 – Equações e conceitos utilizados na determinação da disponibilidade líquida de outorga (Q_L).
Fonte: Adaptado de LYRA *et al* (2001)

Tendo-se descrito o método de determinação da escassez proposto neste trabalho, passa-se agora à apresentação da metodologia de cobrança pelo uso da água vinculada à escassez.

$$Cobrança = (E_{cap} + E_{con} + E_{dil\,BDO} + ... + E_u) \,.\, \text{Pr}eço\,Unitário$$

ou,

$$Cobrança = \sum_{j=1}^{u} E_j \,.\, \text{Pr}eço\,Unitário \qquad (3)$$

ou,

$$Cobrança = \sum_{j=1}^{u} \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} (Q_{B_{ij}} - Q_{L_{ij}}) \,.\, L_i}{\sum_{i=1}^{n} Q_{B_{ij}} \,.\, L_i} \right) . \text{Pr}eço\,Unitário$$

Note que a base de cálculo para a cobrança compõe-se da soma da escassez de captação, de consumo e de diluição dos poluentes considerados. Com a utilização dessa metodologia, o preço unitário deverá ser determinado por unidade de escassez, e não mais por volume de água utilizado ou carga de poluentes lançada, e será único, compreendendo todos os tipos de uso (captação, consumo e diluição de todos os poluentes considerados[5]). A metodologia de cobrança proposta neste trabalho tem, aparentemente, a mesma estrutura básica das metodologias existentes, ou seja, cobrança *é igual a* base de cálculo *vezes* o preço unitário. No entanto, ela propõe grande mudança ao considerar a escassez da água como base de cálculo, ao invés de parâmetros como vazão ou carga de poluentes lançada.

ESTUDO DE CASO: BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL

Visando demonstrar a capacidade da metodologia de cobrança proposta de atender aos objetivos deste trabalho, simulou-se a sua aplicação a a um caso real: a bacia do rio Paraíba do Sul. Uma descrição detalhada desta bacia pode ser encontrada em LABHID (2002).

Metodologia de Cobrança do CEIVAP

Após a condução de um amplo processo de discussão sobre a metodologia de cobrança pelo uso da água, o CEIVAP (Comitê para Integração da Bacia do Rio Paraíba do Sul) aprovou, em março de 2001, uma metodologia simplificada válida por um período de três anos. Apresenta-se na equação 4 a fórmula de cobrança aprovada pelo CEIVAP.

vazão coef preço vazão preço vazão coef. preço

$$\mathbf{C = Q_{cap} \times K_0 \times PPU + Q_{cap} \times K_1 \times PPU + Q_{cap} \times (1 - K_1) \times (1 - K_2\,K_3)\,] \times PPU} \qquad (4)$$

captação consumo diluição de elfuentes

[5] A metodologia de cobrança proposta permite que sejam considerados quantos poluentes sejam necessários. Para isso, basta acrescentar novas outorgas para diluição de cada um dos novos poluentes, aumentando, com isso, o número total de outorgas na bacia.

Para análise da metodologia CEIVAP divide-se a fórmula em base de cálculo, preço unitário e coeficientes. A base de cálculo pode ser decomposta em três parcelas. A primeira corresponde ao volume captado, a segunda ao volume consumido e a terceira à diluição de efluentes. Essa base de cálculo considera tanto aspectos de quantidade (captação e consumo) quanto aspectos de qualidade (DBO). A vazão consumida é expressa pela multiplicação da vazão captada pelo coeficiente K_1 que representa a parcela consumida da captação. Já a caracterização do uso qualitativo é singular. Normalmente, os mecanismos de cobrança utilizam, como parâmetro para o uso qualitativo, a carga de poluentes lançada. Nessa metodologia, entretanto, o uso qualitativo é caracterizado através da vazão efluente, independente da carga de DBO nela presente. Essa imperfeição é justificada pelas condicionantes da fórmula — simplicidade e aplicabilidade.

O preço unitário foi definido através da divisão do montante a ser investido pelos usuários da bacia, como no rateio de custos de um condomínio. Este montante foi definido com base no plano de investimentos da bacia. O conjunto de usuários, sobre os quais o montante foi dividido, compreendeu os setores de saneamento e industria[6]. Dessa forma, foram calculados valores de preço unitário variando entre R$ 0,02 e R$ 0,05 por metro cúbico, de acordo com o total a ser arrecadado. O valor final do preço unitário, ou preço público unitário (PPU), foi definido pelo CEIVAP como R$ 0,02 /m³.

Com relação aos coeficientes, foram inseridos o "K_0" e o "$(1 - K_2 \,.\, K_3)$". O coeficiente K_0 foi introduzido na fórmula com a preocupação de considerar a captação como um fato gerador de cobrança, tal qual o consumo e a diluição de efluentes. O fato de um usuário dispor de uma "reserva de água", correspondente à sua outorga, já é motivo suficiente para haver a cobrança, pois essa água reservada não poderá ser utilizada por outro usuário a montante. Ao se instituir um K_0 menor que 1, procurou-se estabelecer que o consumo é mais impactante do que a captação, uma vez que indisponibiliza a água para outros usos a jusante além de montante, como o uso exclusivo da captação. O peso a ser dado ao K_0 foi definido pelo CEIVAP como 0,4 ou igual a 40%.

Quanto ao aspecto de qualidade, foram considerados os esforços dos usuários que buscam racionalizar o uso da água através da redução dos níveis de DBO dos seus efluentes. Para isso, foi inserido o coeficiente $(1 - K_2 \,.\, K_3)$, que reduz o valor da cobrança em função da redução de carga de DBO lançada. O termo K_2 refere-se à cobertura do tratamento e o termo K_3, à sua eficiência. Esse coeficiente representa um esforço de flexibilização da fórmula de cobrança. Contudo, se a base de cálculo "enxergasse" a carga de DBO lançada ou a vazão alocada para diluição, este coeficiente não seria necessário, bastando apenas aplicá-las diretamente na fórmula.

[6] Cabe destacar que o setor elétrico já paga pelo uso da água desde julho de 2000, seguindo as determinações da Lei. 9.984 (CAMPOS, 2001).

Aplicação da Metodologia Proposta – Cálculo da Escassez

Devido à insuficiência de dados cadastrais e estudos, adotou-se algumas simplificações para possibilitar o cálculo da escassez, dentre as quais deve-se destacar: 1) não foram considerados os usuários do setor de agropecuária; 2) as vazões utilizadas pelos setores de saneamento e indústria foram obtidas com base em estimativas calculadas através de demandas específicas parametrizadas[7]; 3) associou-se todo o uso da água de uma cidade a um único ponto, localizado no rio de menor ordem e de maior comprimento na mancha urbana da cidade. O uso foi localizado no ponto médio do comprimento total desse rio, dentro da manha urbana.

Adotou-se ainda outras simplificações relativas à estrutura do modelo de análise de outorga: 1) considera-se todos os usuários localizados em um trecho como um único "usuário-equivalente", localizado no início do trecho. O uso da água do "usuário-equivalente" corresponde ao somatório dos usos de todos os usuários localizados no trecho; 2) considera-se um decaimento exponencial na concentração de DBO, com uma taxa de 0,25 ao dia, constante em toda a bacia. Para o cálculo desse decaimento ao longo dos rios, adota-se a velocidade de escoamento igual a 0,5 m/s, também constante em toda a bacia; 3) não se considera a não-linearidade do impacto causada pela retirada de carga de poluição pelos usuários de consumo.

Finalmente, para o cálculo da escassez, foram consideradas as seguintes hipóteses: 1) a vazão ecológica foi arbitrada trecho a trecho; 2) a vazão bruta disponível para outorga de diluição inclui a vazão ecológica;3) a concentração máxima permitida de DBO, nos corpos d'água da bacia, vale 10 mg/l; 4) considera-se a população estimada para o ano de 2002, através das curvas de projeção elaboradas por LABHID (2002).

Considerando-se todas as simplificações adotadas e as hipóteses de cálculo utilizadas, reúne-se, na tabela 2, os valores de escassez calculados para a bacia do rio Paraíba do Sul.

Tabela 2 – Valores da Escassez para a bacia do rio Paraíba do Sul

Tipo	E (%)
Escassez de captação	13,49
Escassez de consumo	232,52
Escassez de diluição de DBO	71,41

O menor valor de escassez, 13,49%, ocorre no uso de captação. Isto significa que ainda há uma grande quantidade de vazões outorgáveis para captação disponíveis na bacia. Este resultado indica,

[7] Para maiores detalhes sobre a estimativa das vazões captadas, consumidas e das cargas de DBO lançadas, consultar LABHID (2002).

principalmente, que a bacia possui água disponível em quantidade, o que corresponde à sua realidade, de acordo com LABHID (2002). A escassez de consumo é a mais crítica da bacia, com um valor de 232,52%. Isso significa que os usuários instalados na bacia utilizam mais que duas vezes a disponibilidade hídrica para este tipo de uso. Para tentar explicar esse fenômeno, deve-se considerar que: 1) a disponibilidade líquida de outorga para consumo (Q_{LCON}), em um determinado ponto, é "amarrada" pelas reservas para captação e diluição, a jusante desse ponto. Portanto, um uso significativo de diluição pode indisponibilizar muitas vazões outorgáveis de consumo a montante; 2) todo o uso da água de uma cidade foi concentrado em um único ponto. Com isso, as concentrações de DBO, em determinados locais, tornaram-se demasiadamente altas, indisponibilizando uma grande quantidade de vazões outorgáveis para consumo a montante; 3) o modelo de análise de outorga está em fase de desenvolvimento e precisa ser aperfeiçoado em alguns pontos como a não consideração da não-linearidade do impacto causada pela retirada de parte da carga poluente exercida por um usuário consumidor. Portanto, conclui-se que o valor da escassez de consumo pode estar superestimado.

Finalmente, no caso da escassez de diluição, o valor encontrado é de 71,41% indicando que ainda há vazões outorgáveis para diluição de DBO na bacia. Os fatores "2" e "3", citados no caso anterior, também influenciam a escassez de diluição. No entanto, essa influência é atenuada pelo fato da DBO ser um poluente não-conservativo. Assim, mesmo que a vazão disponível para sua diluição, em alguns locais da bacia, seja muito pequena, não significa que cargas de DBO não possam ser lançadas a montante, desde que sua concentração sofra decaimento suficiente para respeitar as disponibilidades nesses locais.

Aplicação da Metodologia Proposta – Cálculo da Cobrança

Para o cálculo da cobrança utilizando a metodologia proposta neste trabalho foram criados alguns usuários hipotéticos na bacia do rio Paraíba do Sul, apresentados na tabela 3.

Tabela 3 –Usuários hipotéticos utilizados para aplicação da metodologia de cobrança proposta.

Usuário	Localização	Setor	Vazão Captada (m3/s)	Vazão Consumida (m3/s)	DBO rem (kg/dia)
Cidade A[1]	próx. foz	Saneamento	0,75	0,23	14.004
Cidade B	trecho médio	Saneamento	0,66	0,20	12.111
Cidade C	próx. cabeceira	Saneamento	0,33	0,10	6.183
Indústria A	trecho médio	Industrial	8,70	4,70	3.587
Indústria B	próx. cabeceira	Industrial	0,86	0,26	2.027

[1] Na prática, o usuário não é a cidade, mas a companhia de saneamento que a abastece. Contudo, adotou-se a cidade como usuário para possibilitar a aplicação da metodologia.

Foram criados três usuários do setor saneamento e dois usuários do setor industrial. O critério básico para criação destes usuários foi a sua localização. A cidade A localiza-se próxima à foz da bacia do rio

Paraíba do Sul, a cidade B e a indústria A localizam-se no seu trecho médio e a cidade C e a indústria B próximos à sua cabeceira. A fim de aplicar a metodologia de cobrança aqui proposta, necessita-se conhecer a parcela da escassez na bacia que cabe a cada usuário (base de cálculo) e o preço unitário da escassez na bacia.

Para determinação da base de cálculo, calcula-se a escassez na bacia supondo que o usuário não esteja nela instalado. A diferença entre esse valor e a escassez na bacia, considerando o usuário instalado, é a parcela da escassez relativa àquele usuário, como indicado na tabela 4.

Tabela 4- Parcelas da escassez relativas aos usuários hipotéticos da bacia do rio Paraíba do Sul.

Usuário	Escassez		
	Cap (%)	Con (%)	Dil DBO (%)
Cidade A	0,03	0,78	0,54
Cidade B	0,07	3,12	3,48
Cidade C	0,06	20,30	0,93
Indústria A	1,63	3,05	3,31
Indústria B	0,18	6,91	0,44

A maior parcela da escassez de captação na bacia, entre os usuários selecionados, corresponde à indústria A e vale 1,63%. A escassez de captação em um trecho é influenciada apenas pelas outorgas de consumo concedidas a montante. Portanto, o usuário consumidor que exercer o maior uso e/ou estiver mais a montante na bacia, causará a maior escassez de captação. A indústria A não é o usuário mais a montante, mas é o usuário que possui o maior uso de consumo (4,70 m^3/s), portanto o resultado é razoável. Note que a cidade B, apesar de consumir menos água (0,20 m^3/s) que a cidade A (0,23 m^3/s), é responsável por uma parcela da escassez de captação maior. Isso ocorre por ela estar mais a montante.

Para a escassez de consumo, a maior parcela encontrada, significativamente maior que as outras, é de 20,30%, correspondendo à cidade C. A escassez de consumo depende das outorgas de consumo, concedidas a montante, e das outorgas de captação, consumo e diluição, concedidas a jusante. Portanto, o usuário que causa maior escassez de consumo é aquele que possui o maior uso de captação, consumo ou diluição e/ou que esteja mais a montante na bacia. Neste caso, o impacto sobre a escassez causado pela cidade C é influenciado pela sua localização, junto à cabeceira, e pelo grande uso de água para diluição de DBO (6.183 kg/dia). Contudo, esse impacto está demasiadamente alto e possivelmente superestimado, conforme explicado no item anterior.

Com relação ao uso de diluição, a maior parcela de escassez na bacia corresponde à cidade B, valendo 3,48%, seguida pela indústria A, com 3,31%. A escassez de diluição é influenciada pelas outorgas de consumo concedidas a montante e pelas outorgas de diluição do mesmo poluente concedidas a montante e a jusante. Logo, a maior escassez de diluição é causada por um usuário de consumo ou

diluição que possua o maior uso ou que esteja mais a montante. Neste caso, o maior usuário de diluição é a cidade A (14.004 kg/dia). Entretanto, como esta cidade está localizada próxima à foz do rio Paraíba do Sul, o seu lançamento de carga de DBO não causará grande impacto sobre a escassez na bacia, correspondendo apenas a uma restrição para outros usuários de diluição e consumo a montante. Já a cidade B, localizada no trecho médio da bacia, causa um impacto maior sobre a escassez de diluição que a última, mesmo lançando menos carga de DBO (12.111 kg/dia). Finalmente, para se explicar o impacto da indústria A sobre a escassez de diluição, deve-se considerar o seu alto consumo de água que indisponibiliza outorgas de diluição a jusante.

O preço unitário deve ser definido pelo comitê de bacia em função dos objetivos da cobrança e das condicionantes da bacia. Neste exemplo, foi adotado um valor arbitrário apenas para demonstração da aplicabilidade da metodologia. Arbitrou-se o preço unitário em R$ 65.700 por porcentagem de escassez por ano, de modo que o total arrecadado através da aplicação da metodologia proposta fosse semelhante à arrecadação total prevista com a metodologia vigente. Finalmente, a tabela 5 apresenta a comparação entre os valores de cobrança calculados pela metodologia proposta neste trabalho e pela metodologia CEIVAP.

Tabela 5 – Comparação entre a metodologia proposta e pela metodologia CEIVAP.

Usuário	Localização	Vazão Captada (m3/s)	Vazão Consumida (m3/s)	DBO rem (kg/dia)	Cobrança CEIVAP (R$/ano)	Cobrança Proposta (R$/ano)
Cidade A	próx. foz	0,75	0,23	14.004	638.750	88.456
Cidade B	trecho médio	0,66	0,20	12.111	570.526	438.167
Cidade C	próx. cabeceira	0,33	0,10	6.183	292.545	1.399.475
Indústria A	trecho médio	8,70	4,70	3.587	5.411.578	524.943
Indústria B	próx. cabeceira	0,86	0,26	2.027	418.764	494.008

Pela metodologia do CEIVAP, a cobrança é diretamente proporcional ao uso da água dando um peso grande ao uso quantitativo e um peso pequeno ao uso qualitativo. Com isso, o maior valor da cobrança recai sobre a indústria A, que possui o maior uso quantitativo. Na metodologia proposta, a cobrança é diretamente proporcional à escassez causada pelo usuário. Com isso, a indústria A deixou de ser o usuário com maior valor de cobrança, dando lugar a cidade C. Todavia, apesar da cidade C localizar-se mais a montante e lançar o dobro da carga de DBO que a indústria A, a diferença entre os impactos desses dois usuários é muito significativa e provavelmente está superestimada.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Devido a todas as simplificações adotadas no cálculo, não se pode considerar os valores encontrados de escassez, e consequentemente de cobrança, como realidade da bacia. Ressalta-se, entretanto, que o objetivo de demonstrar a aplicabilidade da metodologia proposta foi plenamente alcançado. À medida que

se conhecer melhor as disponibilidades e demandas hídricas da bacia, e o modelo de análise de outorgas for consolidado, os valores de escassez calculados serão cada vez mais precisos.

Buscou-se nesse trabalho propor uma nova metodologia de cobrança, que fosse capaz de caracterizar o uso da água de um determinado usuário de forma precisa e abrangente, considerando o impacto que esse usuário causa aos demais usuários na bacia. A caracterização deste impacto baseou-se no conceito da escassez de água, que foi aqui apresentado com uma nova abordagem, baseada na outorga de direitos de uso da água.

Desse modo, procurou-se mostrar que há uma perfeita relação entre o impacto de um usuário sobre os demais e a disponibilidade de água trecho a trecho. Isto é, uma relação entre o impacto de um usuário sobre os demais e a escassez de água. Assim sendo, o uso de coeficientes e a diferenciação de preços, visando caracterizar tal impacto, podem ser substituídos, com larga vantagem, por índices mensuráveis e com boa conceituação física.

AGRADECIMENTOS

Ao orientador deste trabalho, Prof. Paulo Canedo de Magalhães, por ter me apresentado à gestão de recursos hídricos e guiado meus passos iniciais de carreira nessa área fascinante. Ao meu também orientador, Prof. José Paulo Soares de Azevedo, pelo apoio institucional, sem o qual esse trabalho não teria sido desenvolvido. Às engenheiras do Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE, Fernanda Rocha Thomaz e Rosa Formiga-Johnsson, pela revisão cuidadosa de forma e conteúdo, bem como pelas inúmeras sugestões. Ao engenheiro Flávio Lyra, pela orientação em todos os aspectos relacionados ao Sistema de Informações de Recursos Hídricos da Bacia do rio Paraíba do Sul. À CAPES e à FINEP pelo apoio financeiro, que foi muito importante para a viabilização desse projeto (UFRJ-HIDRO - convênio FINEP 1801/01). Finalmente, um agradecimento especial à minha querida Juliana, pelo seu amor, apoio e compreensão em todo o tempo que estive ausente me dedicando a este trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, J.D., 2001, *Cobrança pelo uso da água nas transposições da bacia do rio Paraíba do Sul envolvendo o Setor Elétrico*. Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

LABHID (Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente da COPPE/UFRJ), 2002, *Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul.* In: Projeto Gestão dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (PGRH-RE-09-R0), Fundação COPPETEC/ANA, Rio de Janeiro.

LYRA, F.J., CARVALHO, M, THOMAS, P., 2001, "Um Sistema de Informações e Apoio à Outorga para a Bacia do Rio Paraíba do Sul". In: *Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Aracaju, ABRH.