

# CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA SOBRE A DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA GERAÇÃO HIDRELÉTRICA: UMA VISÃO REGULATÓRIA

*Afonso Henriques Moreira Santos<sup>1</sup> Leopoldo Uberto Ribeiro Junior<sup>2</sup>; & Edson da Costa Bortoni<sup>3</sup>*

**RESUMO** - - Este trabalho tem por objetivo apresentar mecanismos, visando um melhor gerenciamento dos recursos hídricos destinados á geração hidrelétrica. O instrumento da outorga é um ferramental muito forte e capaz de atingir tal meta. Ao se emitir a outorga deveria ser fixado a vazão remanescente no trecho de vazão reduzida de uma PCH, a variação máxima de nível de um reservatório de uma grande usina, além de fixar a variação máxima de vazão a jusante da casa de máquinas e o valor máximo a ser outorgado a montante do eixo do barramento. Desse modo, será possível garantir ao empreendedor e aos usuários a disponibilidade hídrica.

**ABSTRACT** - - This paper has for object show a way, to do a better administration of water resources destined to energy generation. The grant is a good way to achive this point. The grant must determine the residual flow in the short curt “shortcircuited stretch” of the river, called Strech of Reduced Outflow – SRO, the maximum fluctuation of the level reservoir of a water plant, and give the maximum fluctuation of flood downstream the power house, the maximum quantity of water that can be give out upstream the dam. So the main propouse of this article it to shw that is possible to ensure to the enterpriser and for other uses the water accessibility.

**Palavras - Chave:** Disponibilidade Hídrica, Geração Hidrelétrica, Outorga.

---

<sup>1</sup> Professor da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. Av. BPS, 1303, CEP 37500-903 Tel: (35) 36291455. Itajubá – MG. E-mail: [afonso@iee.efei.br](mailto:afonso@iee.efei.br)

<sup>2</sup> Pesquisador do Centro de Excelência em Recursos Naturais e Energia - CERNE da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI e aluno de Doutorado em Recursos Hídricos pela Universidade Estadual de Campinas. Av. São Vicente de Paula 735, CEP 37502-082 , Tel: (35) 36291401 Itajubá – MG. E-mail: [leopoldo@unifei.edu.br](mailto:leopoldo@unifei.edu.br)

<sup>3</sup> Professor adjunto da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. Av. BPS, 1303, CEP 37500-903, Tel: (35) 36291340. E-mail: [bortoni@iee.efei.br](mailto:bortoni@iee.efei.br)

## INTRODUÇÃO

A outorga é o ato administrativo mediante o qual o Poder Público outorgante (União, Estados ou Distrito Federal) faculta ao outorgado o uso de recurso hídrico, por prazo determinado (não excedendo 35 anos, podendo ser renovável), nos termos e nas condições expressas no respectivo ato, que é publicado no Diário Oficial da União (caso da ANA), ou nos Diários Oficiais dos Estados ou Distrito Federal, onde o outorgado é identificado e estão estabelecidas as características técnicas e as condicionantes legais do uso das águas que o mesmo está sendo autorizado a fazer.

Desse modo, depois de concedido e regularizado o uso da água, é assegurado o efetivo exercício do direito de acesso à água, evadindo conflitos, certificando o controle quantitativo e qualitativo desse recurso.

Conforme preconiza o Artigo 12 da lei nº 9433, estão sujeitos à outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos:

I - derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;

II - extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;

III - lançamento, em corpo de água, de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;

IV - aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;

V - outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

No mesmo artigo, a lei determina que independem de outorga, o uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural bem como as derivações, acumulações, captações e lançamentos considerados insignificantes, tanto do ponto de vista de vazão como de carga poluente. Os demais usuários devem dirigir-se ao órgão gestor e solicitar outorga para garantir seus direitos de uso de determinada vazão ou volume de água, de acordo com as especificidades de cada bacia hidrográfica.

Em corpos hídricos de domínio da União, a Agência Nacional de Águas - ANA é a responsável pela análise dos pedidos e emissão de outorgas de direito de uso dos recursos hídricos. Em corpos hídricos de domínio dos Estados e do Distrito Federal, a solicitação de outorga deve ser feita às respectivas autoridades outorgantes estaduais.

Em nosso país, o modelo aplicado para a emissão de outorga, é o de controle por objetivos, onde se fixa a quantidade residual mínima em função de uma vazão referencial, que deve ser mantida a jusante de cada captação, respeitando as normas, conforme a dominialidade.

Em Minas Gerais, por exemplo, o Instituto Mineiro de Gestão de Águas – IGAM é o responsável pela emissão de outorgas, sendo adotado como referência a vazão mínima de sete dias consecutivos para um tempo de retorno de 10 anos -  $Q_{7,10}$ . A vazão a ser garantida à jusante de cada captação, no curso de água, em condições naturais, ou após regularização, deverá ser de 70% (setenta por cento) da  $Q_{7,10}$ . Isto significa dizer que esta é a vazão residual, que deve ser assegurada para a manutenção do meio biótico em cada seção de um curso de água.

No setor elétrico, vigorou durante muito tempo, as Normas 2 e 3 do DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, de 7/07/1997, para Aprovação de Projetos de Geração Hidrelétrica para Uso no Serviço Público e Exclusivo de Particulares, que no seu artigo 3.7. previa:

“Na elaboração dos estudos e na concepção do Projeto Básico deverá ser considerado que a vazão remanescente no curso d’água, à jusante do barramento, não poderá ser inferior à 80% da vazão mínima média mensal, caracterizada com base na série histórica de vazões com extensão de, pelo menos, 10 anos....”.

Porém, segundo Santos et al <sup>1</sup>.(2003), era prática usual no antigo DNAEE outorgar até o limite de 70% de  $Q_{7,10}$ , embora o sistema de outorga de então fosse bastante frágil, sendo incipientes as experiências vividas e estudadas.

Para o caso de Pequenas Usinas Hidrelétricas a Norma nº 4, Norma de Projetos de Geração de PCH, no item 3, subitem 3.9 estipula que na elaboração de estudos e na concepção do projeto, deverá ser considerado que a vazão remanescente no curso d’água, à jusante do barramento, não poderá ser inferior à vazão mínima média mensal calculada com base nas observações anuais no local previsto para o barramento, de acordo com o Manual de PCH – Eletrobrás/DNAEE. Mortari, (1997).

Cabe a Agência Nacional das Águas – ANA, órgão Federal responsável pela implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e pela Coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, segundo a Lei Federal nº 9.984/2000, autorizar o uso dos recursos hídricos nos corpos d’água de domínio da União. A autorização deve ser feita através do regime de licitação aberta a empresas ou instituições, que obterão uma concessão para construção e operação de usinas hidrelétricas. Tal concessão deve ser licitada pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, que viabiliza, junto à ANA, a obtenção prévia de declaração de reserva de disponibilidade hídrica.

## **USINAS HIDRELÉTRICAS**

A geração de energia, utilizando como fonte primária a água, se baseia na construção de uma central hidroelétrica, onde se realiza a transformação em potência elétrica com um rendimento global em muitos casos superior a 90% da potência hidráulica contida no produto ( $Q \times h$ ) do caudal

turbinado ( $m^3/s$ ) pela altura de queda (m), constituindo a roda de uma turbina associada a um alternador, o elemento primário desta transformação.

A história da hidroeletricidade brasileira tem seus primeiros registros nos últimos anos do Império, impulsionados pelo desenvolvimento do país, provocado pela elevação das exportações e pela conseqüente modernização da infra-estrutura e dos serviços brasileiros. A operação da Usina de Ribeirão do Inferno, no ano de 1883, inaugurou a hidroeletricidade brasileira. A evolução do parque gerador, que ocorreu a partir daquele empreendimento, esteve intimamente atrelada aos ciclos de desenvolvimento nacional. Os períodos de maior crescimento implicavam aumento da demanda de energia. Igualmente as épocas recessivas afetaram diretamente o ritmo de implantação de novos empreendimentos. Nos primórdios da hidroeletricidade, há relatos de pequenas usinas com pouca potência, destinadas a usos privados em moinhos, serrarias e algumas tecelagens. A grande concentração dessas usinas ocorreu em Minas Gerais, disseminando-se na direção sudeste, até chegar a São Paulo.

A opção pelas usinas hidrelétricas, foi a trajetória tecnológica escolhida pelo país em razão da ampla disponibilidade de potenciais hidráulicos, a custos não excessivamente elevados e, sobretudo, em razão da falta de disponibilidade nacional de combustíveis fósseis. Hoje, a participação hidrelétrica, fonte primária comum para a geração de energia elétrica no Brasil, alcança cerca de 90%. Em termos mundiais, o óleo combustível derivado de petróleo e o carvão mineral são responsáveis em conjunto por mais de 60% da produção de energia elétrica, sendo o carvão mineral, individualmente, responsável por mais de 40% da produção. Ambos os combustíveis, no entanto, não constituem, no Brasil, alternativas competitivas de geração frente ao gás natural.

Por volta de 1950, a construção de barragens foi impulsionada, à medida que a população aumentava e a economia nacional crescia. Pelo menos 45.000 grandes barragens foram construídas para atender demandas de água ou energia. Hoje quase metade dos rios do mundo tem pelo menos uma grande barragem.

Na entrada do novo século, um terço dos países do mundo depende de centrais hidroelétricas para produzir mais da metade da sua eletricidade em que as grandes barragens geram 19% de toda a eletricidade do mundo.

É sabido que a experiência vivida pelos países desenvolvidos aponta para a necessidade de um meio de incentivo para tornar as Fontes Alternativas competitivas em relação as Fontes Convencionais. No Brasil em particular, este aspecto se reveste de maior gravidade pelo baixo custo da energia de origem hidráulica, hoje a maior parte amortizada, e pela incorporação de energia térmica com o uso de gás natural cujo preço é bastante elevado se comparado com o da energia de origem hidráulica. No entanto, há o risco de aumento do preço do gás natural importado, em razão da variação cambial e, por outro lado, não havendo garantias de repasse desse aumento para a tarifa,

que faz com que os investidores venham tendo dificuldades em viabilizar as operações de financiamento, principalmente junto aos agentes internacionais.

## **TIPOS DE APROVEITAMENTOS**

Segundo consta no manual da ELETROBRÁS (2004), a Lei nº 9.648, de 27/05/98, autoriza a dispensa de licitações para empreendimentos hidrelétricos de até 30 MW de potência instalada, para Autoprodutor e Produtor Independente. A concessão será outorgada mediante autorização, até esse limite de potência, desde que os empreendimentos mantenham as características de Pequena Central Hidrelétrica.

De uma maneira geral, as PCHs podem ser classificadas conforme a sua regularização, quanto ao sistema de adução, operação e quanto à potência instalada e queda de projeto.

### **Centrais quanto à capacidade de regularização**

#### *Fio d'água*

Esse tipo de PCH é empregado quando as vazões de estiagem do rio são iguais ou maiores que a descarga necessária à potência a ser instalada para atender à demanda máxima prevista, dispensando estudos de regularização de vazões e barragens normalmente baixas, pois têm a função apenas de desviar a água para o circuito de adução.

#### *Regularização*

Esse tipo de PCH é empregado quando as vazões de estiagem do rio são inferiores à necessária para fornecer a potência. Nesse caso, o reservatório fornecerá o adicional necessário de vazão regularizada. Essa regularização pode ser diária ou mensal, conforme o estudo elaborado.

#### *Sistema de adução*

Quanto ao sistema de adução, são considerados dois tipos de PCH:

- adução em baixa pressão com escoamento livre em canal / alta pressão em conduto forçado;
- adução em baixa pressão por meio de tubulação / alta pressão em conduto forçado.

## **SISTEMA DE OPERAÇÃO**

Quanto ao sistema de operação, existem centrais que são usadas para satisfazer necessidades energéticas repentinas em horários de maior consumo, e que são chamadas horas de ponta ou de pico e as centrais são caracterizadas pelo funcionamento contínuo e com carga praticamente constante. As que se adaptam melhor a estes requisitos são as de fio-d'água, evitando assim o desperdício.

Em suma, pode ser dito que existem dois tipos básicos de empreendimentos de geração hidrelétrica, figura 1, os que formam uma queda artificial, mediante implantação de barragens de maiores alturas, neste caso, a barragem, vertedouro, tomada d'água e casa de força encontram-se

solidários, ocupando todo o leito do rio. A queda, assim, é proporcionada pela altura da barragem, que implica na formação de grandes áreas de reservatório.

Dentre os impactos ambientais, destacam-se as áreas alagadas pelo reservatório, impondo a relocação dos moradores do local, ou dos usos que se faz neste trecho, e uma forte mudança na biota. Além do mais, o desnível concentrado proporcionado pela barragem dificulta a implantação de mecanismos de transposição de peixes onde for necessário.

Já nas usinas de desvio, é aproveitado o desnível do trecho do curso d' água para gerar o potencial hidráulico. Neste caso, a casa de máquinas se localiza afastada da barragem, interligadas pelo circuito hidráulico, que desvia a água do rio de seu leito natural. A queda é proporcionada em maior parte, aproveitando-se a queda natural existente no rio.

Nota-se uma enorme redução da área alagada, uma vez que a barragem neste caso não tem mais a função de agregar queda e sim, permitir a captação e pequena reservação da água para permitir a operação da central.

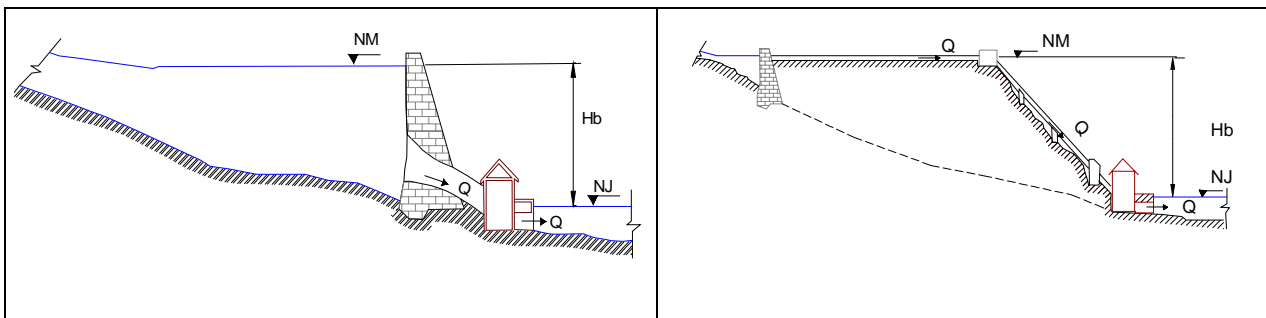


Figura 1 - Central de Represamento e de Desvio

Como contraponto à redução do impacto causado pela redução de área, surgem novos impactos associados à formação de um Trecho de Vazão Reduzida - TVR, compreendido entre a barragem e a casa de força, afetando o próprio leito natural do rio e também a população lindeira que faz uso dessa água. Este segundo arranjo é típico para as Pequenas Centrais Hidrelétricas, implantadas nas cabeceiras das bacias hidrográficas, aproveitando-se das quedas naturais desses rios para geração de energia em escala reduzida. A manutenção da vazão mínima neste trecho vem sendo objeto de muita discussão entre empreendedores e órgãos ambientais, pois a vazão destinada a este percurso, é uma parcela que não estará disponível para a geração.

Deve ser observado que o empreendimento faz a captação de água na barragem, e restitui à jusante da casa de força. Neste caso, a disponibilidade hídrica se refere ao montante de água reservado para o aproveitamento como um todo, da mesma maneira como ocorre para a indústria, por exemplo. Ao ser considerado o TVR, como uma estrutura isolada, não faz sentido.

A prática atual faz aplicação equivocada dos conceitos, pois para um mesmo potencial, o arranjo de desvio tende a produzir menor impacto ambiental. É claro que ambos barram o rio, trazendo conseqüências sobre a biota, mas no caso do arranjo de desvio, a supressão de áreas é

extremamente inferior e os impactos decorrentes do TVR podem ser mitigados, ao contrário do reservatório, onde o impacto é incondicional. Além disso, a preservação das características naturais de queda no leito do rio permite facilitar a implantação dos mecanismos de transposição de peixes, uma vez que não há concentração significativa de queda na barragem. Vale lembrar, que em vários casos, excetua-se a implantação desses mecanismos, uma vez que as quedas aproveitadas já constituem naturalmente barreiras para a migração de peixes no rio.

No entanto, a Vazão Remanescente -Qr, que é a vazão mínima a ser mantida no leito do rio no trecho desviado, tem sido motivo de muita discussão atualmente. Em verdade, há muito já se estabeleciam valores de referência para esse caudal, sendo, entretanto, os mesmos carentes de maiores justificativas científicas.

### **DISPONIBILIDADE HÍDRICA**

A declaração de reserva de disponibilidade hídrica e de outorga de direito de uso de recursos hídricos, para uso de potencial de energia hidráulica superior a 1 MW em corpo de água de domínio da União, deve obedecer ao previsto na resolução nº 131, de 11 de março de 2003. Nesta resolução, a declaração de reserva de disponibilidade hídrica e a outorga de direito de uso de potencial de energia hidráulica em corpo hídrico de domínio dos estados e do Distrito Federal. No artigo 5º desta resolução, a declaração de reserva de disponibilidade hídrica não confere direito de uso der recursos hídricos e se destina, unicamente, a reservar a quantidade de água necessária à viabilidade do empreendimento hidrelétrico.

Essa reserva de disponibilidade hídrica se transformará em outorga de direito de uso de recurso hídrico tão logo receba da ANEEL a cópia do contrato de concessão ou do ato administrativo de autorização para exploração de potencial de energia hidráulica localizado em rios de domínio da União, ficando os detentores de concessão e de autorização de uso de potencial de energia hidráulica, ficando dispensados da solicitação de outorga de direito de uso dos recursos hídricos.

No entanto, desde a publicação dessa resolução, apenas três outorgas foram expedidas pela ANA, no que se refere à disponibilidade hídrica, visando a geração de energia, são elas:

- Resolução N° 421, de 2 de dezembro de 2003.
- Resolução N° 422, de 2 de dezembro de 2003.
- Resolução N° 460, de 18 de dezembro de 2003.

A única resolução, que trata da vazão remanescente no trecho entre a barragem e o canal de fuga, é a resolução número 422 de 2 dezembro de 2003. Nesta resolução, pode - se verificar que, além das características gerais do empreendimento, ela determina a vazão remanescente no TVR, como sendo 8% da vazão turbinada, para o aproveitamento denominado de Pequena Central

Hidrelétrica Santa Gabriela, localizada entre os municípios de Itiquira, no Estado de Mato Grosso, e Sonora, no Estado do Mato Grosso do Sul.

Todavia, quando se analisa a emissão de outorga que era feita no passado, verifica-se que houve uma grande evolução neste processo. Na década de 80, o DNAEE, que era o órgão responsável pelas emissões de outorga, ao fazer as emissões, não fazia nenhum detalhamento sobre a potência instalada e, muito menos trazia alguma informação sobre o tipo de arranjo e as vazões de projeto, entretanto obrigava as concessionárias a satisfazerem as exigências dos usos múltiplos e o que estivesse disposto no código das águas.

Na década de 90, aparecem algumas informações como potência instalada e localização geográfica do local. Contudo informações mais detalhadas, como características do arranjo e as vazões de projeto, que são fundamentais, continuam ausentes. Recentemente, a secretaria do Estado de São Paulo, lançou uma proposta de resolução que dispõe sobre os critérios ambientais de operação das pequenas centrais hidrelétricas – PCHs.

Neste parecer, fica definido que no licenciamento de novos empreendimentos (PCHs) ou nos estudos envolvendo repotenciação, deve ser garantido no trecho curto circuitado, uma vazão sempre superior a 80% do  $Q_{7,10}$ , à qual deverá ser adicionada as demais demandas de água verificadas e previstas para o trecho. Deve –se observar, que a manutenção desse percentual, em muitos casos, não minimiza os impactos ambientais existentes, outrora e pode representar uma perda significativa na produção de energia, acarretando a inviabilidade econômica do empreendimento. Na mesma resolução, no artigo 3º prevê-se que será permitida a manutenção de uma vazão residual entre 50% e 80% do  $Q_{7,10}$ , quando ocorrerem três condições:

a) PCH com barramento posicionado à montante de um obstáculo natural à migração de peixes.

b) Trecho curto circuitado, com extensão inferior a 250 m;

c) Quando for demonstrado, por meio de simulações usando dados históricos de vazões diárias para 3 anos secos, que o período de estiagem imposto no trecho circuitado pela vazão crítica pleiteada não será superior em 30 dias àquele estimado quando operando com a vazão crítica de 80% do  $Q_{7,10}$ .

Com relação aos itens acima, o que mais chama atenção é o que propõe a redução na vazão residual, caso o trecho seja menor do 250 m. Deve-se observar, que esta condicionante dificilmente se apresenta neste tipo de arranjo. Essa proposta de resolução, que é restritiva, por exigir a manutenção de, no mínimo, 80 % da vazão de referência. Na verdade, a reserva de disponibilidade hídrica deveria garantir ao empreendedor uma quantidade mínima de água que estaria disponível para a geração de energia, deve ser observado que esses aspectos se referem a aspectos referentes a



quantidade de água e não a qualidade, na verdade ao emitir a outorga, deveriam ser levados em consideração quatro fatores:

- Limitação dos usos a montante;
- A vazão no trecho curto –circuitado;
- A variação de vazão a jusante da casa de máquinas;
- A variação do nível do reservatório;

### **Limitação dos usos a montante**

A quantidade de água destinada aos usuários normalmente se refere a um somatório da percentagem da vazão de referência, garantindo uma vazão remanescente no curso d'água suficiente para atender outros usuários da mesma bacia hidrográfica, seja à montante ou jusante do ponto de outorga. Na outorga para a geração hidrelétrica, deveria ser garantido ao empreendedor que os somatórios das vazões outorgadas a montante do ponto de barramento, não deveriam ultrapassar um determinado percentual da vazão de referência, desde modo, o somatório das vazões consuntivas ficariam limitadas, deste modo teríamos:

$$\sum Q_{MONTANTE} = K_{OUT} \times Q_{REFERÊNCIA} \quad (1)$$

Esse  $K_{out}$ , deveria ser discutido com o comitê da bacia, com o órgão gestor. Na verdade, o que se deseja é que a vazão mínima garantida para a geração seria:

$$Q_{garantida} = \geq K_{OUT} \times Q_{REFERÊNCIA} \quad (2)$$

Esse valor mínimo garantido, deveria ser apresentado no ato da emissão da outorga, garantindo ao empreendedor, esse caudal associado ao risco de não abastecimento. Esse risco varia conforme a vazão de referência adotada, no caso de ser o  $Q_{7,10}$  esse risco seria de 10 %, no caso de  $Q_{95}$  esse risco seria um pouco menor, 5% entretanto o valor mínimo garantido seria menor.

### **Vazão no trecho curto - circuitado**

Segundo Ribeiro Junior (2004), os órgãos ambientais têm se utilizado dos critérios de vazão outorgável para a determinação da vazão residual mínima exigida no trecho de vazão reduzida de PCHs, fato este que tem provocado o embate entre empreendedores e esses órgãos. A interpretação equivocada desses conceitos reside, talvez, no fato de se interpretar o termo “barragem” em seu sentido literal e simplista, como sendo a estrutura isolada responsável pelo barramento do rio e desvio da água, quando o correto seria a denominação usual de todo o conjunto de geração, composto de barragem (onde a água é represada), circuito hidráulico (por onde a água é desviada), casa de força (onde ocorre a geração hidrelétrica), canal de fuga (por onde a água retorna ao rio) e demais estruturas, além da área do entorno do TVR. O histórico de construção de hidrelétricas no Brasil, mostra a grande predominância de centrais de represamento, onde a barragem se sobrepõe às demais estruturas solidárias. Assim, esse termo tornou-se usual, para denominar centrais

hidrelétricas, inclusive derivações, como “barragem de geração”, para diferenciá-la de “barragem de irrigação”.

Como a vazão mínima de referência reflete a vazão garantida no ponto de estudo, (associado a um risco), exigir que se destine sua fração maior para o TVR, contrapõe a finalidade desse empreendimento que é a geração hidrelétrica. Não obstante sua simples manutenção pode não preservar as condições naturais do trecho e nem atesta condições de qualidade de água ou garantia de uso, sem que outros elementos sejam analisados. A essência, da proposta presente é a substituição da referência de vazões por referências ambientais.

A alteração nas condições naturais do TVR é o impacto inerente à concepção de uma PCH, devendo ser assumido com todas as suas conseqüências. Pretender que se garanta as mesmas condições naturais por via do aumento da vazão residual implica na rejeição da alternativa tecnológica assumida. Assim, o foco a ser explorado deve ser a mitigação desses impactos, garantindo uma vazão que atenda aos critérios sanitários e ecológicos e de usos da água, considerando as particularidades de cada caso.

Em suma, pode-se observar, que o critério de se outorgar um percentual de uma vazão de referência pode ser adequado em algumas bacias hidrográficas, protegendo os mananciais de uma exploração excessiva, mas poderá se tornar restritivo, em bacias onde há maior disponibilidade de recursos hídricos. Além disso, a fixação de um percentual, em todo os cursos de água, não tem fundamento técnico, podendo ser insuficiente para o meio biótico.

Como nesse exemplo estudado, deduz-se que medidas mitigadoras apropriadas a cada caso mostram-se mais eficientes que a simples manutenção de uma vazão residual elevada, caso seja esta fixada apenas com base quantitativa. Via de regra, os locais propícios para a implantação de PCHs apresentam quedas elevadas e conseqüentes TVRs com forte declividade, onde o acréscimo de vazão não resulta em benefícios proporcionais, pois a lâmina d' água pode ser pouco afetada.

Contudo pode ser observado que existe a necessidade de se evoluir nos critérios de emissão de outorga, com estudos mais aprofundados e específicos, que podem convergir para a adoção de novas vazões de referência e o desenvolvimento de pesquisas sobre vazões residuais e a sazonalidade das vazões a serem outorgadas, em função dos diversos, usos a que se destinam os recursos hídricos.

### **Variação de vazão a jusante da casa de máquinas**

Conforme citado anteriormente, existem centrais que são usadas para satisfazer necessidades energéticas repentinas em horários de maior consumo, e que são chamadas horas de ponta ou de pico e as centrais são caracterizadas pelo funcionamento contínuo e com carga praticamente constante. As que se adaptam melhor a estes requisitos são as de fio-d' água, evitando assim o desperdício mas existem centrais que possuem regularização diária, essas usinas deveriam sofrer

uma restrição no que diz respeito a variação máxima diária de vazão a jusante do barramento, o que implica. Na figura 2, temos um exemplo típico de um empreendimento que faz esse trabalho no horário de ponta.

O comportamento da vazão a jusante da central também deve ser definido no ato de definição de disponibilidade hídrica. Fundamentalmente, deve-se limitar a variação diária da vazão, o que pode ser feito por diferentes maneiras. A mais simples é definir a relação máxima entre a maior vazão e a menor vazão para um dia. Essa relação pode alcançar, caso não haja restrições, alcançar valores superiores a 2,5, o que pode significar variações da lâmina d'água a jusante da ordem de 2, extremamente elevadas.

As centrais puramente a fio d'água não demandam esse tipo de prescrição, posta a vazão a jusante ser exatamente igual à vazão afluente. Entretanto, nas centrais que realizam regularização diária e/ou semanal (regularização de carga) é que esta definição se torna mais necessária. Embora essas centrais sejam também denominadas a fio d'água, existe uma diferença entre as vazões afluentes e defluente, e, em geral, bastante significativa em alguns períodos. As centrais com capacidade regularizadora superior às anteriores caracterizam-se por regularizações sazonais, anuais ou plurianuais de vazão, mas podem também ter a função de regularização de carga, exigindo, também, restrições para a vazão de jusante. O efeito da regularização de carga é mais sensível nas centrais de leito. Nas centrais de desvio, a vazão remanescente no trecho desviado reduz fortemente a relação entre as vazões máxima e mínima diária, pois ela se soma à vazão turbinada. Assim ao se somar esse mesmo valor no numerador e no denominador obtém-se uma menor relação para o mesmo tipo de operação. Valores em torno de 1,5 seriam suficientes para permitir uma regularização diária. A fixação desse valor para a outorga de disponibilidade hídrica exige uma análise aprofundada das condições ambientais e de uso a jusante. É comum o curso d'água tornar-se significativamente mais caudaloso logo a jusante da central, pela afluência de tributários, ou por ser ele mesmo um tributário de outro rio. Esses efeitos restringem o trecho afetado a uma pequena área, que, não havendo usuários afetados ou impactos ambientais significativos, permitem maiores variações da vazão a jusante.

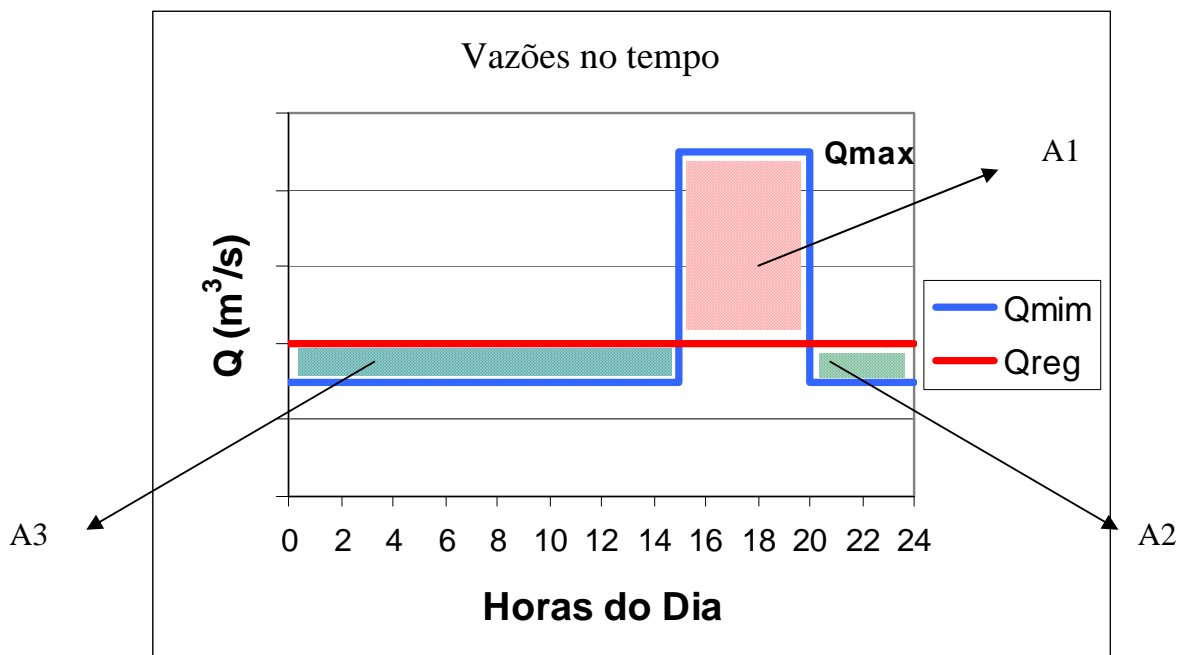


Figura 2 – Operação de usinas na ponta

Conforme apresentado na figura acima, o volume de água utilizado pela geração no horário de ponta (A1) representa o mesmo volume representado pelas áreas A2 e A3, deste modo teremos:

$$\frac{20 \times Q_{\min} + 4 \times Q_{\max}}{24} = Q_{\text{reg}} \quad (3)$$

Adotando que a vazão máxima regularizada seja 50% da vazão máxima teremos:

$$Q_{\text{reg}} = 0,5 \times Q_{\max} \quad (4)$$

Substituindo 4 em 3 teremos:

$$20 \times Q_{\min} + 4 \times Q_{\max} = 12 \times Q_{\max} \quad (5)$$

Deste modo, a equação 5, evolui para

$$Q_{\max} = 2,5 \times Q_{\min} \quad (6)$$

Na equação 6, deve ser acrescentada, no caso das centrais de desvio, a vazão remanescente no trecho de vazão reduzida, de tal modo que a vazão mínima aumenta e relação entre a vazão máxima e mínima evolui para:

$$\frac{Q_{\max}}{Q_{\min}} = 1,5 \quad (7)$$

### Variação do nível do reservatório

Os modelos empregados pelo setor elétrico estão sujeitos a uma série de incertezas, que os torna pouco robustos e, obviamente, de difícil compreensão por parte da sociedade. Além do mais, o setor elétrico busca um ótimo global, ouvindo-se das necessidades locais, ou, quando muito, incorporando alguma restrição ambiental, como vazão mínima defluente, conforme cita Santos<sup>2</sup> et al 2003.

Quando se fala das necessidades locais, pode ser citado o caso das comunidades, que desenvolvem suas atividades econômicas no lago dos reservatórios e que têm sofrido enormemente com os sensíveis deplecionamentos, não apenas pelas intensidades, mas, sobretudo, pelas suas durações.

Dentre vários eventos, podem ser citados a impossibilidade recente de navegação em Itaipu, o impacto ao turismo e piscicultura nos reservatórios de Caconde e Furnas, o prejuízo a culturas permanentes irrigadas no Vale do São Francisco e os danos ocorridos em Três Marias decorrentes das variações de vazões, ocasionando grande influência na navegação, assoreamento, meio ambiente e outros usos da água.

Como as usinas hidrelétricas são construídas onde melhor se pode aproveitar as aflúncias e os desníveis dos rios, comumente em locais distantes dos centros consumidores, foi necessário desenvolver, no país, um extenso sistema de transmissão, formando caminhos alternativos, permitindo transportar a energia produzida até os centros de consumo. Mais ainda, as grandes interligações possibilitam a troca de energia entre regiões, permitindo obter benefícios a partir da diversidade de comportamento das vazões entre rios de diferentes bacias hidrográficas.

Desde meados da década de 70, o sistema eletroenergético brasileiro é operado de forma coordenada, visando obter ganhos sinérgicos a partir da interação entre os agentes. A operação coordenada visa minimizar os custos globais de produção de energia elétrica, contemplando restrições intra e extra-setoriais e aumentando a confiabilidade do atendimento. Conceitualmente, a operação centralizada do Sistema Interligado Nacional está embasada na interdependência operativa entre as usinas, na interconexão dos sistemas elétricos e na integração dos recursos de geração e transmissão no atendimento ao mercado.

A interdependência operativa é causada pelo aproveitamento conjunto dos recursos hidrelétricos, através da construção e da operação de usinas e reservatórios localizados em seqüência em várias bacias hidrográficas. Desta forma, a operação de uma determinada usina depende das vazões liberadas à montante por outras usinas que podem ser de outras empresas, ao mesmo tempo em que sua operação afeta as usinas à jusante, de forma análoga.

Nos casos de períodos de condições hidrológicas desfavoráveis, as usinas térmicas podem contribuir para o atendimento ao mercado como um todo, e não apenas aos consumidores de sua empresa proprietária, e já chegou a alcançar 9,02% do total da produção de energia gerada. Nesta situação, deveria se exigir do ONS uma gestão cuidadosa dos reservatórios das usinas hidrelétricas, compatibilizando o uso múltiplo da água na produção de energia, navegação, abastecimento e questões ambientais, o que demandaria grande interação com a ANEEL, ANA, organismos federais e estaduais, CBH's e agentes associados. No entanto a transferência de energia entre regiões, intensamente utilizada para a otimização sistêmica, privilegiando o ganho de energia, da maneira

como é realizado nos dias atuais, beneficia toda a população brasileira, expondo os usuários do entorno dos reservatórios a um grande risco econômico de suas atividades, sejam elas de pesca, navegação, turismo dentre outras, por estarem expostos a sazonalidade de níveis de água dos reservatórios, ONS, 2005.

Às incertezas de operação do modelo, acarretam conflitos entre os interesses dos usuários que residem à jusante de um reservatório e a que vive no seu entorno. Assim, a proposta é quer se minimize os efeitos das operações que levam os reservatórios a trabalhar em extremos, justificadas em sua grande parte por problemas macroeconômicos. Desta maneira, as outorgas emitidas para as UHE, deveriam evoluir para o desenvolvimento de um critério de outorgada, em função de restrições de duração e frequência do nível de água a ser mantida nos lagos, buscando maior segurança no que diz respeito à permanência de cotas e vazões.

A seguir, serão apresentadas duas propostas de outorgas, com vistas a garantir ao empreendedor e as atividades que se desenvolvem no entorno dos reservatórios, uma melhor gerenciamento dos recursos hídricos, ou seja garantir uma reserva de disponibilidade hídrica.

## **OUTORGA PARA GEREÇÃO HIDRELÉTRICA**

### **O caso das PCHs**

Nesta parte do texto, será discutido o critério de emissão de outorga para as PCH's que se caracterizam por terem em seu arranjo, um trecho curto-circuitado entre a barragem e o canal de fuga.

Outorga a XXX - Centrais Elétricas S.A. concessão  
para um conjunto de aproveitamento da energia hidráulica  
do trecho do curso principal do Rio Taboão entre os municípios  
Amarelo e Vermelho no estado de São Paulo

O DIRETOR-PRESIDENTE DA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA, no uso da atribuição que lhe confere, conforme solicitação da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, resolveu:

Art. 1º É outorgada à XXX - Centrais Elétricas S.A. concessão para exploração do aproveitamento de energia hidráulica na seção do Rio Taboão, localizada entre os municípios Amarelo e Vermelho, no Estado de São Paulo, tendo as seguintes características:

I - coordenadas geográficas do eixo do barramento: 22º 56' de Latitude Sul e 44º 59' de Longitude Oeste;

II - nível d'água máximo operativo montante: 907,00m;

III - nível d'água máximo maximorum a montante: 909,0m;

IV - área inundada do reservatório no nível d'água máximo normal: 0,22 km<sup>2</sup>;

V - altura máxima da barragem: 10,00m;

VI - potência instalada: 7 MW;

VII - vazão máxima das turbinas: 10,12 m<sup>3</sup>/s;

VIII - vazão mínima remanescente no trecho entre a barragem e a casa de força: 0,82 m<sup>3</sup>/s;

IX - A somatória dos usos a montante do barramento não excederá 0,90 m<sup>3</sup>/s (30% da vazão mínima de sete dias consecutivos para um tempo de retorno de 10 anos - Q<sub>7,10</sub>).

X - A relação entre a maior e a maior vazão diária será 1,5.

Art. 2º As características de que trata o art.1º, poderão ser alteradas mediante solicitação da ANEEL acompanhada do estudo técnico específico.

Parágrafo único. A vazão mínima a que se refere o inciso VIII do art.1º somente poderá ser alterada mediante solicitação da ANEEL acompanhada de estudo técnico específico aprovado pelo órgão ambiental competente.

Art. 5º Esta declaração de reserva de disponibilidade hídrica tem prazo de validade de trinta e cinco, contado a partir da data de publicação desta Resolução, podendo ser renovada, mediante solicitação da ANEEL.

Art. 6º As condições de operação do reservatório do aproveitamento hidrelétrico serão definidas e fiscalizadas pela ANA, em articulação com o Operador Nacional do Sistema – ONS, conforme disposto no inciso XII e §3º do art. 4º da Lei no 9.984, de 2000.

Art. 7º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

## **O caso das UHE**

Para o caso das grandes centrais hidrelétricas, a proposta é que para que as emissões de outorga sejam feitas considerações sobre as características do arranjo, as vazões necessárias, além de considerações sobre o comportamento do reservatório, englobando os conceitos de duração e frequência de transgressão apresentados no trabalho Leopoldo Junior (2004). Esse instrumento pode ser um grande ferramental para que o comitê de bacia, que é um órgão articulador, chegue a um consenso para garantir a exploração em conjunto dos usos múltiplos da água, como: diluição, navegação, turismo, energia elétrica, dentre outros. Deve ser observado que essa sugestão não trata de algumas questões como comercialização da energia, sistema de distribuição, bens e instalações, por não ser esse o objetivo desse estudo.



Outorga a YYY - Centrais Elétricas S.A.  
concessão para um conjunto de  
aproveitamento da energia hidráulica  
do trecho do curso principal do  
Rio Grande entre os municípios de  
Azul e Branco,  
no estado de Minas Gerais

O DIRETOR-PRESIDENTE DA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA, no uso da atribuição que lhe confere, conforme solicitação da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, DECRETA:

Art 1º - É outorgada a YYY - Centrais Elétricas S.A., concessão para um aproveitamento da energia hidráulica no trecho do curso principal do Rio Grande e seus afluentes das margens direita e esquerda, com 1216 MW de potência instalada e respectivas instalações associadas.

Art.2º - O aproveitamento terá um reservatório de regularização, com volume total  $22950 \times 10^6 \text{ m}^3$ , área inundada de  $1440 \text{ km}^2$  e volume útil de  $17,217 \times 10^6 \text{ m}^3$ , cujos níveis operativos ficarão assim definidos:

- Nível mínimo operativo correspondente à cota 750 m;
- Nível máximo operativo correspondente à cota 768 m;
- Nível máximo emergencial (Maximo - maximorum) correspondente à cota 769,30 m.
- Art.3º - A operação deste reservatório será restrita pelas seguintes durações e frequências de

transgressão, segundo o estabelecido pela Resolução ANA n 00/00.

Parágrafo primeiro – É admitido, em caráter excepcional, um desvio superior de 20% para as frequências e durações de transgressão definidas no caput.

Parágrafo segundo – O período de calculo das frequência e duração de transgressão serão calculadas para os últimos dez anos associadas a cotas definidas, como segue:

- Cota 761 - duração máxima de transgressão de 8 meses, e frequência máxima de transgressão de 2 vezes.
- Cota 763 - duração máxima de transgressão de 20 meses, e frequência máxima de transgressão de 4 vezes.
- Cota 766 - duração máxima de transgressão de 58 meses, e frequência máxima de transgressão de 8 vezes.
- Cota 767 - duração máxima de transgressão de 78 meses, e frequência máxima de transgressão de 9 vezes..

Parágrafo terceiro - Para o período inicial de operação (inferior a dez anos), a frequência e duração de transgressão serão calculados com base no histórico desde o instante da operação comercial, admitindo-se neste transitório um desvio superior de 40%.

Art. 4º - A vazão a jusante da casa de força deve ser no mínimo 30% da vazão afluyente, restringindo-se a um valor mínimo de 80% de  $Q_{7,10}$ , não podendo variar mais que 50% ao longo de 24 horas, tendo com base o valor superior.

Art.5º - A Concessionária fica obrigada a satisfazer as exigências de proteção ao meio ambiente, de controle de cheias, gestão do reservatório e respectivas áreas de proteção, e demais prescrições acauteladoras do uso da água, previstas no art. 143 do Código de Águas e na legislação subsequente.

Art.6 - A transgressão aos limites aqui estabelecidos implicará em multa de até um por cento do valor anual da energia gerada por este aproveitamento, conforme calculado pela ANEEL, para a compensação financeira do uso de recursos hídricos para geração de energia elétrica.

Art. 7º - A concessão de que trata esta Resolução vigorará pelo prazo de trinta e cinco anos, contado da data de assinatura do respectivo Contrato de Concessão de Uso de Bem Público.

Art. 8º - Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

## **CONCLUSÃO**

Em busca de um melhor desenvolvimento dos instrumentos de gerenciamento de recursos hídricos, encontrou-se na outorga de direito de uso uma das principais ferramentas para que haja o planejamento e a gestão das águas e que vem se destacando nos últimos anos, ganhando forte amparo legal com a lei nº 9433. Desta maneira, este trabalho, se desenrolou motivado pela hipótese de se desenvolver critérios que pudessem dar aos órgãos gestores alternativas no que se refere à tomada de decisões, referente a questão água e energia.

Entretanto do ponto de vista prático vê-se que, até o momento, não se encontram referências claras quanto à vazão outorgada para a produção energética. Historicamente, as outorgas referem-se à potência somente. Atualmente, a Agência Nacional de Águas vem trabalhando na resolução que definirá a disponibilidade hídrica para fins de hidrogeração. Especialmente para PCHs, permanece a necessidade de critérios específicos que levem em consideração o porte do aproveitamento e as condições de contorno que o envolvem, como uso da água no trecho curto-circuitado, a sazonalidade das vazões a jusante, a limitação dos usos consultivos a jusante e qualidade da água efluente, avaliando-se as particularidades de cada caso.

Dentro deste tema, muito se tem que avançar, pois não basta a garantia da vazão a ser turbinada, mas outros pontos têm que ser destacados, como forma de se dar estabilidade à sociedade e ao próprio investidor. Assim, a outorga para geração hidrelétrica deve ser vista como um conjunto

de várias outorgas, sendo exemplo os níveis limites de operação dos reservatórios associados e a variabilidade de vazão aceitável à jusante da casa de força.

### **BIBLIOGRAFIA**

MORTARI, D. (1997).“*Uma abordagem geral sobre a vazão remanescente, em trechos curto-circuitado, de Usinas Hidrelétricas*”. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Vitória, ES.,p. 583-589.

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico - Sistema Interligado Nacional

<<http://www.ons.org.br/ons/sin/index.html> Acessado em 05.05.2005

RIBEIRO JUNIOR, L.U. (2005).“*Contribuições metodológicas visando a outorga do uso de recursos hídricos para geração hidrelétrica*”. Dissertação de mestrado apresentada a Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. 169p.

SANTOS<sup>1</sup>, A. H. M.; RIBEIRO JUNIOR, L.U.; GARCIA, M.A.R.A; SEVERI, M.A. (2003) “*Vazão remanescente no trecho de vazão reduzida de pequenas centrais hidrelétricas*”. Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Curitiba, PR.

SANTOS<sup>2</sup>, A. H. M.; BORTONI, E. C.; RIBEIRO JUNIOR, L.U.; GARCIA, M.A.R.A; (2003)“*A exploração de reservatórios e os comitês de bacia: uma análise prospectiva para o caso da UHE de Furnas.*” Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Curitiba, PR.