

Proposição de Critérios de Outorga para Águas Subterrâneas

Mirella Leôncio Motta e Costa

Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA

mirellamotta@yahoo.com.br

Márcia Maria Rios Ribeiro, Janiro Costa Rêgo e José do Patrocínio Tomaz Albuquerque

Unidade Acadêmica de Engenharia Civil–Universidade Federal de Campina Grande

mm-ribeiro@uol.com.br, janiro@dec.ufcg.edu.br, patrociniotomaz@uol.com.br

Recebido: 09/06/10 - revisado: 25/08/10 - aceito: 07/01/11

RESUMO

A crescente exploração das águas subterrâneas, devido, principalmente, aos baixos custos e boa qualidade tem exigido a necessidade de regulação de suas disponibilidades, tanto em quantidade quanto em qualidade. Um dos instrumentos instituídos pela Lei Federal nº. 9.433/97 para efetivar este controle é a outorga de direito de uso das águas, mediante a verificação de critérios pré-estabelecidos. Todavia, verifica-se que não há critérios consolidados para determinação da outorga das águas subterrâneas. Sendo assim, neste artigo são propostos critérios da outorga de direito de uso aplicados às águas subterrâneas, compatíveis com as suas condições de armazenamento e escoamento e com suas relações com o ciclo hidrológico, particularmente com as águas fluviais. Como caso de estudo foi utilizada a parcela da Bacia Sedimentar Costeira Paraíba-Pernambuco inserida na Região do Baixo Curso do rio Paraíba, estado da Paraíba, Brasil. Através da construção de um modelo conceitual dos processos hidrogeológicos da região em estudo, estabeleceram-se critérios de outorga de acordo com a realidade da bacia. Como resultados, foram propostos níveis de abrangência destes critérios, assim definidos: níveis global, regional e local. A criação do nível de abrangência regional demandou que fossem identificadas sete “zonas de gerenciamento”, nas quais poderão ser estabelecidos critérios diferenciados de uma zona para outra.

Palavras-chave: gestão de recursos hídricos, critérios de outorga, Bacia do rio Paraíba.

INTRODUÇÃO

A promulgação da Lei Federal nº. 9.433/97 deu grande impulso ao processo de gestão das águas no Brasil, ao instituir a Política Nacional de Recursos Hídricos e, como suporte para a sua implantação, criar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Com a inclusão de princípios, fundamentos e de um modelo de gestão já aceitos mundialmente e objetivando a real implementação de instrumentos de gestão, a Lei das Águas dotou a gestão dos recursos hídricos de inovação e modernidade.

Dentre os instrumentos instituídos por esta Lei, a outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos configura-se como um dos mais relevantes. A sua efetivação possibilita o controle dos usos da água pelo Poder Público, visando garantir o cumprimento dos objetivos da política com base nos seus fundamentos e respeitando-se as diretrizes gerais de ação para a sua implementação.

No caso da outorga para águas subterrâneas ainda não há critérios consolidados e aplicados por todas as autoridades outorgantes brasileiras. Alguns dos estados analisam os pedidos de outorga por meio dos testes de bombeamento dos poços, outros em função da média da capacidade específica dos aquíferos. A maioria leva em conta as precauções por parte do usuário de modo a evitar a contaminação do aquífero (ANA, 2007).

Verifica-se, portanto, que quantitativamente a outorga restringe-se à visão do desempenho do poço ou, quando muito, da produtividade local do aquífero, sem alcançar a escala da potencialidade e, conseqüentemente, de sistemas, subsistemas ou de unidades aquíferas, o que conduz às suas relações com o ciclo hidrológico e, particularmente, com as águas fluviais. Muito menos, ainda, é considerada a íntima relação entre água subterrânea e meio ambiente.

Configura-se, assim, a necessidade do estabelecimento de critérios de outorga adequados para águas subterrâneas que contemplem a demanda

ecológica natural e/ou de metodologias eficientes que levem, em cada caso, à definição satisfatória desses critérios. O presente artigo apresenta um conjunto de critérios organizados em etapas metodológicas a serem empregadas na análise de processos de outorga. Esta metodologia está sendo testada no sistema aquífero costeiro Paraíba-Pernambuco, inserido na bacia do rio Paraíba, estado da Paraíba.

O sistema Paraíba-Pernambuco é compartilhado por mais de um estado. Considerando que os estados possuem o domínio das suas águas subterrâneas, é importante a interação entre esses visando a gestão conjunta no caso dos sistemas compartilhados.

CRITÉRIOS DE OUTORGA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Considera-se, nesta pesquisa, como definição de água subterrânea mais completa, a baseada nos conceitos de Albuquerque e Rêgo (1998) e de Albuquerque (2007), a saber: "*água subterrânea é aquela que ocorre e que circula em profundidade preenchendo poros de naturezas diversas (vazios entre grãos, fraturas, falhas e fissuras abertas, cavidades cársticas, juntas entre camadas ou entre colunas de rochas vulcânicas, etc.) e/ou que aflora e circula em superfície formando lagos, lagoas ou constituindo o escoamento de base da rede hidrográfica superficial*" (Albuquerque, 2008).

Outro conceito fundamental para a eleição de critérios adequados de outorga é o da visão sistêmica das águas subterrâneas. Segundo Albuquerque (2007), um sistema aquífero é "*um conjunto de elementos de um todo, entre si relacionados e que funciona como uma estrutura organizada, a qual se relaciona com o meio exterior*".

O sistema aquífero é formado, no caso mais completo, por dois subsistemas: um superior, livre ou freático, e um inferior, de comportamento hidrostático confinado, separados por uma formação semi-impermeável (aquitarado), através do qual podem ocorrer trocas de recursos hídricos na dependência das condições das cargas hidráulicas relativas desses subsistemas, formando uma superfície hidrostática regional. O sistema aquífero pode escoar, também, direta e subsuperficialmente, ao mar, se o mesmo é costeiro (Albuquerque, 2004).

Os níveis de abrangência dos critérios de outorga

A metodologia proposta parte do princípio que a outorga deve seguir critérios os mais

abrangentes possíveis, que compreendam desde a bacia hidrográfica (unidade de gestão de recursos hídricos), até propriamente o poço.

Dentro deste enfoque, propõe-se que os pedidos de outorga sejam analisados segundo critérios definidos e escalonados por níveis de abrangência. Sendo assim, foram estabelecidos três níveis de abrangência de critérios de outorga: o global, o regional e o local, os quais funcionarão como um "funil" – partindo do mais abrangente para o menos abrangente (Figura 1).

Nível Global

Define-se como global, o nível de abrangência que considera a bacia hidrográfica como um todo, dentro de uma visão sistêmica e integradora do ciclo hidrológico.

Neste nível são considerados os limites de retirada de água subterrânea na bacia hidrográfica e as necessidades hídricas das espécies ripárias, ou seja, a consideração da demanda ecológica.

Podem ser avaliadas a interconexão e a interdependência entre os fenômenos que atuam no ciclo hidrológico e os efeitos conjuntos da exploração da água subterrânea e da extração de água superficial sobre o escoamento do rio, englobando também os demais processos que operam no regime hidrológico na bacia.

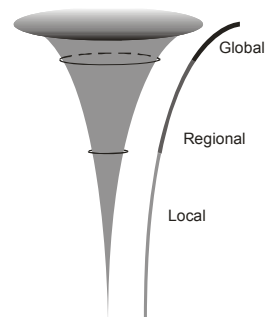


Figura 1 – Esquema dos níveis de abrangência dos critérios de outorga.

Nível Regional

Define-se como regional, o nível de abrangência estabelecido a partir de zonas de recarga e descarga de água subterrânea, ou seja, de acordo com o comportamento físico dos processos, incluindo-se aqui aqueles instituídos a partir do conhecimento das especificidades comuns a uma determinada região da bacia.

Neste nível avalia-se a necessidade de proporcionar os usos múltiplos e prioritários. Obrigatoriamente devem ser consideradas a demanda ecológica natural da bacia, a possibilidade de ocorrência de intrusão salina em componente do sistema aquífero e a sua vulnerabilidade à poluição.

Análise específica de cada região deve ser realizada para identificar se um determinado critério regional estabelecido para certa região de estudo pode ou não ser utilizado para outra.

Nível local

Os critérios estabelecidos como locais consideram as interferências da captação de água subterrânea em uma escala reduzida, ou seja, o objeto principal de análise é o poço e as consequências de sua perfuração em um determinado local da bacia. Geralmente, as práticas comuns de planejamento de uso dos recursos hídricos subterrâneos consideram apenas essa abordagem, ao levar em conta, exclusivamente, a análise do efeito do bombeamento de poços em áreas de sua proximidade.

Podem ser avaliados aqui desde a qualidade das águas e usos preponderantes até a racionalização do uso da água, com incorporação de alternativas de gerenciamento da demanda nos sistemas de recursos hídricos dos usuários.

Zonas de gerenciamento

Considerando que o nível intermediário de abrangência de critérios (o nível regional) demanda áreas de gerenciamento menores que a bacia hidrográfica ou área de estudo, foram criadas as chamadas “*zonas de gerenciamento*”, as quais serão abordadas posteriormente.

CASO DE ESTUDO

A área de estudo corresponde à porção da Bacia Sedimentar Costeira Paraíba-Pernambuco presente na Região do Baixo Curso da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba, estado da Paraíba. Configura-se como uma das regiões mais desenvolvidas do Estado, uma vez que abrange municípios com grande expressividade econômica, como Cabedelo, João Pessoa e Santa Rita, cujos PIBs *per capita* estão entre os dez maiores do estado (IBGE, 2005). A área de estudo está compreendida nos limites das coordenadas 35°21'29" e 34°48'43" W, 6°55'6" e 7°24'55" S e possui uma extensão de 1.158 km².

O Sistema Aquífero Paraíba-Pernambuco apresenta o maior e melhor potencial hídrico do estado da Paraíba. Os aquíferos mais captados são o Barreiras, os depósitos arenosos Quaternários da planície costeira (ambos integrantes do subsistema livre), o Beberibe Superior, também conhecido como Itamaracá, e o Beberibe Inferior, formadores do subsistema confinado (AESA, 2006). O Beberibe Superior também pode integrar o subsistema livre, nos locais onde a Formação Gramame, de calcáreos confinantes não ocorre.

O modelo hidrogeológico conceitual da área de estudo

Os modelos conceituais baseiam-se na representação do comportamento hidrogeológico através dos processos físicos que envolvem o fenômeno estudado e da constituição geológica do sistema aquífero em questão, ou seja, diz respeito às relações do sistema aquífero com o ciclo hidrológico e, particularmente, com os cursos d'água superficiais que lhes são sobrepostos. No âmbito das águas subterrâneas, esta relação se materializa através dos processos naturais de recarga, circulação do sistema e descarga.

Recarga

As condições geológicas, hidrológicas e morfológicas da Bacia Sedimentar Costeira Paraíba-Pernambuco indicam que a recarga dos principais aquíferos se processa essencialmente por infiltração de chuva, diretamente nas áreas de afloramento das formações, secundariamente por processo de infiltração vertical de um aquífero a outro, devido à diferença de pressão hidrostática entre eles (SUDENE, 1975).

Sobre os tabuleiros arenosos das formações Beberibe e Barreiras, a recarga do sistema aquífero também se processa, durante o período de cheias, por transferência de uma parte das águas fluviais que adquirem carga hidráulica superior à do sistema aquífero (Costa *et al*, 2007).

Circulação do sistema

A circulação é ditada pela distribuição das cargas hidráulicas, influenciada na sua trajetória, pelos acidentes tectônicos que o afetaram. Normalmente, o escoamento se faz a partir das cargas maiores para aquelas menores, sendo comandadas por fronteiras de carga constante como os rios e, principalmente, o mar, destino final do fluxo subterrâneo.

Nos dias atuais, a situação na região em estudo é diferente. Costa *et al.* (2007) relatam os seguintes aspectos:

- Na orla marítima os poços apresentam níveis estáticos negativos em relação ao nível do mar. Em consequência, o fluxo subterrâneo está invertido;
- Há uma punção considerável na área englobada pelos distritos industriais de João Pessoa e Bayeux;
- Os rios Marés, Jaguaribe, Cuiá tornaram-se rios influentes, perdendo vazão de base pela exploração excessiva desta parcela do sistema aquífero;
- As linhas piezométricas, na área entre as cidades de Cruz do Espírito Santo e Santa Rita, apresentam-se muito próximas, revelando um gradiente hidráulico relativamente acentuado, traduzindo uma provável redução de permeabilidade;
- Possibilidade de que esteja em curso a interiorização da interface água doce subterrânea/água salgada marinha, ou uma contaminação do aquífero inferior pela filtração descendente de águas do aquífero quaternário superior, localmente salinizado, causada pela redução da carga de pressão do aquífero Beberibe, devido à exploração de uma vazão superior à vazão do escoamento natural subterrâneo deste aquífero.

Descarga natural

A descarga natural do sistema aquífero se faz para os cursos d'água (vazão de base) da bacia, totalizando 135,10 hm³/ano (AESAs, 2006) e para o Oceano em quantidade não estimada, mas, seguramente, muito pequena.

DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS DE OUTORGA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PARA A ÁREA DE ESTUDO

Os critérios de outorga de águas subterrâneas concebidos estão expostos a seguir segundo a inserção no respectivo nível de abrangência.

Critérios de outorga no nível global

Prioridades de uso das águas superficiais

Como critério inicial, propõe-se o uso das águas superficiais como prioritário em relação ao uso das águas subterrâneas, uma vez que estas últimas são consideradas estratégicas, devendo ser utilizadas quando não houver outra alternativa de suprimento hídrico superficial.

Essa premissa está fundamentada no modelo conceitual dos processos hidrogeológicos, anteriormente descritos, uma vez que se constata que a água subterrânea está sendo utilizada de maneira excessiva, fato este revelado pelos níveis potenciométricos negativos em vários poços da região.

É necessário, então, que o órgão gestor detenha o conhecimento da disponibilidade hídrica superficial, determinada pelos volumes dos reservatórios disponíveis na área em que se deseja a outorga. Existindo essa alternativa de suprimento de água na região, com disponibilidade para atendimento com um nível tolerável de garantia, o usuário ficaria impossibilitado de requerer uma outorga para captação de água subterrânea.

Porém, alguns fatores devem ser considerados, como por exemplo, a situação sócio-econômica do usuário e a localização do usuário na bacia, uma vez que, estando o manancial superficial muito distante do local que será utilizada a água, a adução pode tornar a captação mais onerosa do que a perfuração de um poço próximo.

Não existindo fonte hídrica superficial capaz de atender àquele usuário, procede-se então com a avaliação pelos outros critérios propostos a seguir.

Potencial de água subterrânea

O potencial de água subterrânea na bacia hidrográfica pode ser utilizado como ponto de partida para um critério global de outorga, pois o mesmo agrega princípios de aproveitamento de recursos hídricos, pois é a partir do potencial que se calculam as disponibilidades de recursos hídricos.

Desse potencial de recursos hídricos da bacia hidrográfica somente uma parcela pode ser outorgada, visto que deve ser descontada a porção relativa à demanda ecológica.

Albuquerque (2008) estimou a vazão de base a partir da separação deste segmento dos hidrogramas de vazões médias mensais e identificou (pela projeção do ramo assintótico da curva no eixo das vazões), no mesmo hidrograma, a vazão média

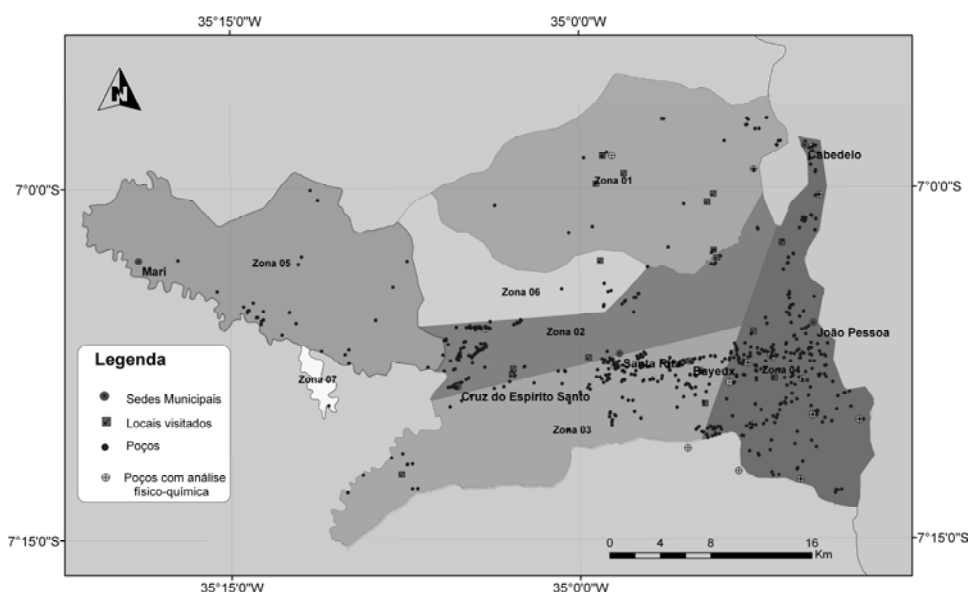


Figura 2 – Zonas de Gerenciamento.

das mínimas, a qual relacionou com a vazão de base média. Concluiu que a parcela da vazão de base que atende a demanda ecológica natural corresponde à média das vazões de base mínimas, verificadas no auge da estação de estiagem, suficientes para manter toda a vida vegetal e animal da bacia. Esta média seria em torno de 40% da descarga de base média de longo período. Os 60% restantes constituiriam a parcela disponível para exploração.

Sendo assim, a autoridade outorgante avaliaria, primeiramente, o requerimento de outorga relacionando-o com o potencial outorgável, ou seja, com os 60% disponíveis para exploração. No caso da área de estudo, esse valor corresponde a $81,06 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ ou $2,57 \text{ m}^3/\text{s}$, visto que 40% já estariam comprometidos com a demanda ecológica ($54,04 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ ou $1,71 \text{ m}^3/\text{s}$).

Critérios de outorga no nível regional

Para este nível intermediário de abrangência de critérios foram criadas, na área de estudo, as chamadas “zonas de gerenciamento”, conforme Figura 2.

Tais zonas (em número de sete) foram definidas com base no modelo hidrogeológico conceitual da área de estudo, levando-se em consideração ainda vários outros fatores, tais como: níveis topográficos, falhas tectônicas, condição de pressão dos aquíferos (confinado ou livre), de-

mandas da água subterrânea na região, uso e ocupação do solo e densidade demográfica.

Prioridades de uso da água

Em situações de escassez hídrica, os usos prioritários de recursos hídricos já foram definidos na Lei 9.433/97 como sendo o abastecimento humano e a dessedentação de animais. Porém, ao conceder uma outorga, o órgão gestor deve analisar outras prioridades além dessas mencionadas, principalmente, porque na Lei consideram-se os usos prioritários apenas em situações de escassez.

A Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos CNRH nº. 16/2001 ressalta que a outorga deverá observar as prioridades estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos. No entanto, o Plano de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba não traz nenhuma definição de ordem de prioridades de uso em relação à outorga. Na Paraíba, as prioridades estão estabelecidas no Decreto Estadual nº. 19.260/97 e seguem a seguinte ordenação: 1. abastecimento doméstico; 2. abastecimento coletivo especial; 3. outros abastecimentos coletivos de caráter não residencial; 4. captação direta para fins industriais, comerciais e de prestação de serviços; 5. captação direta ou por infra-estrutura de abastecimento para fins agrícolas; 6. outros usos permitidos pela legislação em vigor.

Sugere-se como critério de outorga que sejam mantidos como usos prioritários, o abastecimento humano e a dessedentação de animais, seguidos pelos usos para fins industriais, comerciais e de serviços e por fim os usos para fins agrícolas (irrigação, piscicultura, carcinicultura, etc.).

Intrusão salina

Em aquíferos litorâneos, a água subterrânea flui naturalmente no sentido do mar, por estar sempre com maior carga hidráulica. A água salina, porém, por processos difusivos, penetra parcialmente no subsolo continental e por ser mais densa que a água doce, forma com ela uma interface oblíqua penetrando por baixo da mesma, formando uma cunha salina na zona costeira.

A cunha salina é mantida em equilíbrio pela descarga subterrânea de água doce ao mar. Com a exploração do aquífero de forma intensiva, essa condição de equilíbrio é perturbada pelo bombeamento excessivo e a superfície piezométrica é rebaixada, a descarga diminui e a cunha salina tende a avançar no continente, atingindo áreas de captação dos poços e poluindo a água extraída.

Em relação à vazão do escoamento superficial ao mar, a sua exploração por poços deve guardar certa distância em relação à linha da costa de forma a manter a situação original do escoamento subterrâneo, do interior para o litoral.

Sendo assim, o critério de intrusão salina seria verificado nas regiões litorâneas. Uma outorga somente seria concedida se fosse resguardada certa distância da linha da costa, distância esta determinada através de investigações usando um modelo de fluxo subterrâneo.

Vulnerabilidade dos aquíferos

A outorga de águas subterrâneas implica no conhecimento quali-quantitativo das águas transmitidas em aquíferos. Do ponto de vista qualitativo, a outorga deve respeitar o instrumento de enquadramento, que indica as metas de qualidade a serem alcançadas em determinados aquíferos ou porções destes.

O enquadramento das águas subterrâneas combinado com o mapeamento da sua vulnerabilidade deve permitir a definição de áreas de restrição e controle do uso das águas subterrâneas de acordo com os usos preponderantes e as classes dos corpos de água superficiais para os quais contribuam.

A vulnerabilidade é fundamentada com

base nas características intrínsecas dos sistemas de água subterrânea que depende da sensibilidade dos aquíferos a impactos humanos e/ou naturais e é função de fatores hidrogeológicos. Como resultados da avaliação da vulnerabilidade podem ser obtidos mapas que apresentam zonas com maior ou menor sensibilidade à contaminação, que geralmente são construídos para o aquífero livre.

Sendo assim, para emitir uma outorga para a exploração de água subterrânea, as suas coordenadas geográficas seriam plotadas no mapa de vulnerabilidade de aquíferos e verificada em que região se encontra a captação. Uma captação requerida numa região de extrema ou alta vulnerabilidade seria mais restritiva do que em uma região na qual a vulnerabilidade é baixa.

Critérios de outorga no nível local

Qualidade de água

A qualidade de água subterrânea é outro critério a ser considerado, tendo em vista o uso proposto para a água a ser captada e a classe em que estiver enquadrado o aquífero. Tal qualidade depende de parâmetros físicos, químicos e biológicos da água.

Esse critério refere-se à qualidade da água captada no aquífero a certa profundidade, diferentemente da outorga qualitativa, a qual se relaciona com a qualidade da água a ser lançada no corpo hídrico receptor.

Sendo assim, dependendo da classe em que estiver enquadrada a água subterrânea e do uso a que se pretende dar a ela, faz-se necessário tratamento adequado para torná-la passível de utilização.

O órgão gestor deverá avaliar com minúcia a análise da qualidade de água subterrânea (na profundidade solicitada) anexada pelo requerente e confrontá-la com o enquadramento naquele aquífero ou porção de aquíferos.

Interferência entre poços

Se dois poços situados próximos um do outro são bombeados simultaneamente, seus cones de depressão podem se expandir ao ponto de se encontrarem. Neste caso, ocorre o que se chama de "*interferência entre poços*", pois o rebaixamento de cada um deles sofrerá um acréscimo correspondente ao rebaixamento do outro, na área de interferência entre poços. No caso da existência de vários poços (uma bateria de poços), aos rebaixa-

mentos de cada um deles se somam os rebaixamentos decorrentes da influência dos poços vizinhos na área de interferência (Rêgo & Albuquerque, 2004).

Esta interferência irá reduzir o rendimento potencial dos poços envolvidos, podendo, em severas circunstâncias, causar rebaixamentos que tornariam os poços mais rasos.

Propõe-se que a interferência entre poços seja determinada através do raio de influência do poço, o qual é entendido como a distância compreendida entre o poço de bombeamento ao nível do aquífero, onde já não são mais observados os efeitos do bombeamento, ou seja, a distância a partir da qual, os efeitos de um bombeamento num determinado poço são nulos.

Rebaixamentos máximos permissíveis

Ao bombear-se água de um poço tubular, o nível da água subterrânea ajusta-se a este bombeamento formando um cone de rebaixamento. Quando a taxa de bombeamento é menor ou igual à taxa de recarga do aquífero, o cone de rebaixamento se estabiliza com o tempo. Porém, quando a extração ocorre de forma descontrolada ou abusiva, em local de elevada concentração de poços, excede-se a capacidade de recarga natural do aquífero, conduzindo à queda contínua dos níveis de água subterrânea e à redução da reserva hídrica. Como consequência, a água passa a ser encontrada em profundidades cada vez maiores, sendo necessário maior consumo de energia para bombear a água, acarretando queda de rendimento do poço tubular.

Para minimizar a interferência entre poços tubulares, podem ser estabelecidas taxas menores de vazão e/ou tempo de bombeamento, implantar rodízio no funcionamento de poços ou determinar rebaixamentos máximos permissíveis.

Sugere-se que sejam analisados os rebaixamentos máximos permissíveis de acordo com a condição de pressão dos aquíferos, ou seja, livre ou confinado.

No subsistema livre ou em suas unidades integrantes, o rebaixamento máximo é de aproximadamente 2/3 da espessura saturada. Para além desse limite, o poço tende à exaustão, podendo ter reflexos negativos nos recursos hídricos superficiais, ao menos na área do raio de influência do poço.

No subsistema confinado (ou semiconfinado), o rebaixamento máximo admitido é dado pela profundidade da base da formação geológica

confinante (ou semiconfinante) ou, o que é o mesmo, pela profundidade do topo do aquífero, já que nunca se deve penetrar no domínio das reservas intersticiais, sob pena de poder provocar a compactação do aquífero na área de influência do poço, pela redução da pressão neutra e consequente aumento da pressão efetiva. O raio de influência de poços abertos em aquíferos confinados ou semiconfinados é bastante grande, da ordem de centenas e, até, milhares de metros (Albuquerque, 2004).

Gestão da demanda

Gestão da demanda se traduz em medidas direcionadas a reduzir o consumo final dos usuários do sistema, sem prejuízo dos atributos de higiene e conforto dos sistemas originais. Essa redução pode ser buscada mediante mudanças de hábitos de uso da água ou mediante a adoção de aparelhos e equipamentos poupadores (PNCDA, 1999).

Sendo assim, ao avaliar um requerimento de outorga, deve-se verificar se o usuário utilizará com racionalidade aquela quantidade de água outorgada.

Para um usuário que utilize a água para abastecimento humano, como as concessionárias de abastecimento de água, a emissão da outorga ficaria vinculada a um plano de ações preventivas e corretivas de adução de água, tendo como meta a redução das perdas por vazamentos e desperdício na rede de distribuição. Para um usuário de irrigação, a concessão da outorga ficaria vinculada à adoção de um método de irrigação mais eficiente. Para um usuário do setor industrial, ficaria vinculada à apresentação de um projeto de redução de desperdícios e/ou reuso de água.

CONCLUSÕES

Sobre o modelo conceitual

O modelo conceitual elaborado nesta pesquisa, permitiu que fossem propostos critérios de outorga para águas subterrâneas condizentes com a realidade da bacia sedimentar em estudo.

Verificou-se que a região avança para uma situação de maior criticidade no que se refere ao uso desordenado da água subterrânea, visto que muitos poços já apresentam níveis estáticos negativos e que é provável que esteja ocorrendo a intrusão da água salina nas regiões litorâneas.

Sobre os níveis de abrangência

Os níveis de abrangência possibilitaram uma melhor espacialização dos critérios de outorga, baseados, na maioria das vezes, em critérios localizados, ou seja, aqueles em que considera-se apenas o poço e a sua vazão de teste atingida. Com a definição dos níveis de abrangência, foram concebidos os critérios de outorga generalizados para a bacia hidrográfica (critérios globais), critérios específicos para cada zona de gerenciamento (critérios regionais) e critérios específicos para o usuário ou o poço (critérios locais).

Sobre as zonas de gerenciamento

A elaboração do mapa de zonas de gerenciamento mostrou-se necessária devido à aplicação de critérios de abrangência intermediária (critério regional), os quais seriam utilizados em zonas específicas.

Sobre os critérios de outorga

Os critérios estabelecidos buscaram expressar os problemas de gerenciamento de recursos hídricos existentes na bacia caso de estudo e atuar no ordenamento destes problemas. Podem ser citados, entre outros, os seguintes: i) o critério de interferência entre poços e rebaixamentos máximos admissíveis atuam no controle da exploração desordenada da água subterrânea através de poços; ii) o critério de intrusão salina atua no controle deste fenômeno nas regiões litorâneas; iii) o critério da gestão da demanda atua no controle do desperdício e poluição das águas subterrâneas.

Foi possível inserir os critérios nos níveis de abrangência definidos, porém, admite-se que alguns critérios podem ser utilizados em mais de um nível de abrangência. Como exemplo, cita-se o critério de qualidade de água que pode ser considerado como critério local, se considerada a qualidade da água do poço, ou regional, se consideradas qualidades diferenciadas em cada zona.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi desenvolvida no âmbito do projeto "Integração dos instrumentos de outorga, enquadramento e cobrança para a gestão das águas subterrâneas" financiado pelo MCT/FINEP/

CT-HIDRO. Os autores agradecem a CAPES pela bolsa de estudo concedida à primeira autora e a todas as instituições mencionadas.

REFERÊNCIAS

- AESA – AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. (2006). *Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba*. Relatório Final.
- ALBUQUERQUE, J. do P. T. (2004). *Sustentabilidade de aquíferos*. Mesa redonda: Sustentabilidade de aquíferos. In: VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, São Luís - MA.
- ALBUQUERQUE, J. do P. T. (2007). *Água subterrânea no Planeta Água*. In: Estudos Geológicos v. 17 (1), Jun 2007, UFPE, Ed. Bagaço, 104p, Semestral.
- ALBUQUERQUE, J. do P. T. e RÊGO, J. C. (1998) *Conceitos e definições para avaliação e gerenciamento conjunto de recursos hídricos superficiais e subterrâneos*. Anais do IV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Campina Grande: ABRH.
- ALBUQUERQUE, J. do P. T. (2008). *Comunicação pessoal*.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. (2007). *Cadernos de Recursos Hídricos nº. 4*. Superintendência de Outorga e Fiscalização.
- COSTA, W. D.; ALBUQUERQUE, J. do P. T. de; BRANCO, R. L. de C.; MARANHÃO, C. M. L.; GOLDFABER, M. (2007). *Estudo de caracterização e verificação da disponibilidade hídrica da vertente litorânea do estado da Paraíba*. Estudos Hidrogeológicos. Relatório Final. Tomo I – Texto. Ministério da Integração Nacional.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2005). *Produto Interno Bruto a preços correntes e Produto Interno Bruto per capita segundo as Grandes Regiões, Unidades da Federação e Municípios - 2002-2005*.
- PNCDA – PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA. (1999). *DTA A3: Caracterização da demanda urbana de água*.
- RÊGO, J. C.; ALBUQUERQUE, J. do P. T. (2004). *Hidrogeologia Aplicada*. Campina Grande: UFCG/UNESCO.
- SUDENE – SUPERINTENDÊNCIA DOS ESTADOS DO NORDESTE. (1975). *Estudos de reconhecimento e estudos hidrológicos para aproveitamento integrado. Região centro-leste da Bacia Potiguar e Bacias costeiras da Paraíba e Pernambuco – Área A*. Estudos Hidrogeológicos – Minuta do Relatório Final.

Establishment of Criteria For Groundwater Rights

ABSTRACT

The increasing exploitation of groundwater, mainly due to its low cost and good quality requires regulation of its availability both in quantity and in quality. One of the instruments established by Brazilian Federal Law nº. 9.433/97 to accomplish this control is granting water rights according to pre-established criteria. However, there are no consolidated methodologies for establishing groundwater rights. This research aims to establish criteria for water rights applied to groundwater, consistent with their conditions of storage and disposal and their relationship to the hydrological cycle, particularly with the river water. The case study concerns the portion of the Sedimentary Coastal Paraíba-Pernambuco Basin in the Lower Course of the Paraíba river basin, Paraíba state, Brazil. By constructing a conceptual model of hydrological processes in the region, it was possible to establish criteria considering the reality of the basin. As a result three levels of water rights criteria were proposed: global, regional and local. The establishment of the regional level required that seven "management areas" be created, in which different criteria may be established from one area to another.

Key-words: *water resources management, criteria for groundwater rights, Paraíba River Basin.*