

# SIMULAÇÃO DA INTERFERÊNCIA ENTRE POÇOS COMO CRITÉRIO DE OUTORGA DOS DIREITOS DE USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

*Mirella Leôncio Motta e Costa<sup>1</sup>; Marcondes Loureiro de Carvalho Batista<sup>2</sup>; Márcia Maria Rios Ribeiro<sup>3</sup>; José do Patrocínio Tomaz Albuquerque<sup>4</sup>; Janiro Costa Rêgo<sup>4</sup>*

**RESUMO** --- O instrumento da outorga de direito de uso dos recursos hídricos configura-se como um dos responsáveis pela regulação dos usos dos recursos hídricos mediante o atendimento a critérios preestabelecidos. Porém, verifica-se que ainda não há metodologias consolidadas para determinação de critérios de outorga para águas subterrâneas. Neste artigo, simula-se a interferência entre poços como um critério de outorga de direito de uso das águas subterrâneas. Os resultados mostram que nem todos os poços que captam água subterrânea do aquífero Beberibe, na cidade de João pessoa, na Paraíba, estariam aptos a receberem a outorga de direito de uso, uma vez que causariam interferência nos poços vizinhos.

**ABSTRACT**--- The instrument of water right has one of responsible for the regulation of uses of water resources through the verification of established criteria. However, there are not consolidated methodologies for establishing criteria for groundwater right. In this article, it simulates the interference between wells, as a criterion for groundwater right. The results show that not all wells to capture groundwater aquifer Beberibe to be able to receive a water right, since it would cause interference in neighboring wells.

**Palavras-Chave:** gestão de recursos hídricos, águas subterrâneas, critérios de outorga.

---

<sup>1</sup> Técnica em Recursos Hídricos da Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: mirellamotta@yahoo.com.br.

<sup>2</sup> Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande. Caixa Postal 505, CEP: 58100-970. Campina Grande - PB. marcondesloureiro@gmail.com.

<sup>3</sup> Professora do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Campina Grande. Caixa Postal 505, CEP: 58100-970. Campina Grande – PB. mm-ribeiro@uol.com.br.

<sup>4</sup> Professores do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande. Caixa Postal 505, CEP: 58100-970. Campina Grande – PB. patrociniotomaz@uol.com.br, janiro@dec.ufcg.edu.br.

## 1 - INTRODUÇÃO

O crescimento populacional, as atividades agrícolas e industriais têm aumentado consideravelmente nas últimas décadas. Como consequência, constata-se uma intensa e crescente procura pela água, podendo, em algumas regiões, desequilibrar o balanço entre oferta e demanda hídrica. Em regiões onde a oferta de água já se encontra totalmente comprometida é pertinente ocorrência de conflitos de usos. Uma forma de adquirir água para suprir as necessidades dos usos é através de captações de águas subterrâneas. Essas, por sua vez, vêm sendo exploradas de maneira inadequada, uma vez que suas características peculiares não são levadas em consideração.

A exploração inadequada da água pode conduzir a impactos catastróficos sobre os recursos hídricos, em particular os subterrâneos – no caso de contaminação de um aquífero a despoluição é dispendiosa e, além disso, na maioria dos casos não se consegue estabelecer os aspectos qualitativos necessários para os usos a que se destinam. Outros problemas que podem ser observados em relação ao uso excessivo das águas subterrâneas são a subsidência, a salinização e a fissuração do solo.

Uma das maneiras de evitar a má utilização dos recursos hídricos, tanto superficiais quanto subterrâneos, é a implementação de uma eficiente gestão, através do estabelecimento de políticas, leis e normativos oriundos dos órgãos competentes.

No Brasil, a Lei Federal nº. 9.433/97 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos introduziu cinco instrumentos de gestão, que são: planos de recursos hídricos, outorga de direito de uso, cobrança pelo uso da água, enquadramento dos corpos d'água e sistemas de informações sobre recursos hídricos. A implementação destes instrumentos tem por finalidade demonstrar a importância da utilização racional da água e subsidiar a gestão de forma ao não comprometimento do recurso hídrico.

A outorga de uso dos recursos hídricos configura-se como um dos instrumentos mais relevantes da Política das Águas, uma vez que é a responsável pela regulação dos usos dos recursos hídricos, mediante o atendimento a critérios preestabelecidos. Neste trabalho, é feita através da análise da legislação pertinente, uma avaliação a cerca dos sistemas de outorga nos estados brasileiros, com ênfase nos critérios para outorga das águas subterrâneas. O contexto do estado da Paraíba é apresentado mais detalhadamente.

Este artigo tem como objetivo simular a interferência entre poços através do cálculo dos raios de influência dos mesmos como um critério de outorga local na cidade de João Pessoa (capital do estado da Paraíba). Em João Pessoa, como em outras cidades do país, poços estão sendo perfurados sem a consideração de critérios técnicos, o que compromete os recursos hídricos subterrâneos da região.

## 2 – OUTORGA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO BRASIL

A outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos foi instituída com o objetivo de assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água. É o instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos que se encontra em fase mais adiantada de implantação por parte das instituições estaduais.

No entanto, a avaliação dos sistemas de outorga do país mostra que, desde a criação do primeiro órgão gestor de recursos hídricos e, mesmo com os avanços verificados após a edição da Lei Federal nº. 9.433/97, o número total de usuários outorgados é pequeno diante da estimativa de usos outorgáveis existentes, representando cerca de 23% (BRASIL, 2006).

Em se tratando especificamente da outorga de águas subterrâneas, a Lei Federal nº. 9.433/97 afirma que estão sujeitos à outorga pelo Poder Público os direitos dos usos de recursos hídricos provenientes da extração de água de aquífero para consumo final ou insumo de processo produtivo. Afirma, também, que toda outorga estará condicionada às prioridades de uso estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos, respeitando a classe em que o corpo de água estiver enquadrado e a manutenção de condições adequadas ao transporte aquaviário, quando for o caso.

Além da Lei Federal nº. 9.433/97, outros normativos tratam da interconexão entre outorga e água subterrânea, tais como (Costa *et al.*, 2008):

- Resolução nº. 09/00 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) – cria a Câmara Técnica Permanente de Águas Subterrâneas. Dentre as competências disposta em seu art.2º destacam-se a discussão e a proposição da inserção da gestão de águas subterrâneas na Política Nacional de Recursos Hídricos e a compatibilização das legislações relativas à exploração e à utilização destes recursos;
- Resolução CNRH nº. 15/01 – estabelece diretrizes para gestão integrada das águas. Esta resolução dá ênfase a critérios que assegurem a gestão integrada das águas, visando evitar o comprometimento qualitativo e quantitativo dos aquíferos e dos corpos de água superficiais a eles interligados;
- Resolução CNRH nº. 16/01 – estabelece critérios gerais para outorga de direito de uso dos recursos hídricos. Nela há, também, a indicação que a extração de água de aquífero para consumo final ou insumo de processo produtivo está sujeito a outorga. Para outorgar, o órgão gestor dos recursos hídricos necessita ter um conhecimento a respeito do comportamento hidrogeológico dos aquíferos e um banco de dados, com o cadastro de todos os poços existentes, abandonados ou em funcionamento, para viabilizar a outorga. Ainda segundo esta resolução, a análise dos processos de outorga deverá considerar a interdependência das águas superficiais e subterrâneas e as interações observadas no ciclo hidrológico visando a gestão integrada dos

recursos hídricos. Em seu artigo 28, afirma que em caso de conflito no uso das águas subterrâneas de aquíferos que se estendam a mais de uma unidade da federação, caberá ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos arbitrá-lo (Costa *et al.*, 2008).

Com relação ao estado da Paraíba, a política de recursos hídricos foi instituída pela Lei Estadual nº. 6.308/96 e recentemente alterada pela Lei Estadual nº. 8.446/07. No estado da Paraíba, o Decreto Estadual nº. 19.260/97 regulamenta a outorga do direito de uso dos recursos hídricos. Nele há o estabelecimento do critério de inexigibilidade de outorga para captações não superiores ao valor de 2.000 l/h (seja captação direta na fonte, superficial ou subterrânea). Assegura, ainda, que não se concederá outorga de recursos hídricos para lançamento de resíduos sólidos, radioativos, metais pesados e outros resíduos tóxicos perigosos e lançamento de poluentes nas águas subterrâneas.

### **3 - CRITÉRIOS DE OUTORGA PARA ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

Baseando-se na Lei Federal nº. 9.433/97, a Resolução nº. 16/01 do CNRH estabelece como critérios gerais para a outorga de recursos hídricos a observância dos planos de recursos hídricos e em especial: i) as prioridades de uso estabelecidas; ii) a classe em que o corpo de água estiver enquadrado, em consonância com a legislação ambiental; iii) a preservação dos usos múltiplos previstos e; iv) a manutenção das condições adequadas ao transporte aquaviário, quando couber.

No caso do estabelecimento de critérios de outorga para águas subterrâneas não há uma metodologia específica de análise consolidada para todas as autoridades outorgantes brasileiras. Alguns dos estados analisam esses pedidos de outorga por meio dos testes de bombeamento dos poços, outros em função da média da capacidade específica dos aquíferos. A maior parte, entretanto, se preocupa com a tomada de precauções por parte do usuário quanto à qualidade da água de modo a evitar a contaminação do aquífero (ANA, 2007).

Na Tabela 1 apresentam-se os critérios de outorga instituídos por alguns estados brasileiros, destacando-se aqueles que possuem o critério de interferência provocada por poços (critério objeto de estudo deste artigo).

No Estado da Paraíba, o Decreto nº. 19.260/97 apresenta os seguintes condicionantes (critérios) para a outorga de recursos hídricos, superficiais e/ou subterrâneos:

- Disponibilidade hídrica;
- Prioridades de uso;
- Comprovação de que o uso de água não cause poluição ou desperdício dos recursos hídricos;

Tabela 1 – Estados brasileiros que possuem o critério de interferência entre poços como um de seus critérios de outorga de águas subterrâneas.

<b>ESTADO</b>	<b>CRITÉRIOS DE OUTORGA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS</b>
<b>Alagoas</b>	Capacidade de recarga do aquífero fundamentada em estudo hidrogeológico específico; Interferência provocada pelo poço ou poços circunvizinhos.
<b>Pernambuco</b>	Condições de explotabilidade dos diversos aquíferos; Estudo hidrogeológico para avaliação das disponibilidades hídricas e do não comprometimento da qualidade da água do aquífero a ser explorado (para grandes volumes); Teste de produção contínuo, com vazão constante e duração não inferior a 24 (vinte e quatro) horas, seguido de recuperação de no mínimo 1 (uma) hora (para regiões consideradas superexplotadas); Teste de produção escalonado em múltiplos estágios, sem estabilização de nível, constituído de 3 (três) escalões e duração não inferior a 24 (vinte e quatro) horas; Distância mínima de 500 metros, a partir da localização de poços já regularizados; Vazão máxima outorgável; Mapa de Zoneamento Explotável dos Aquíferos da Região Metropolitana do Recife; Tabela de consumo Médio Diário de Água.
<b>Rio de Janeiro</b>	Aspectos quantitativos da vazão de extração nos locais indicados para exploração; Interferência entre poços tubulares; Vazão máxima sustentável de um poço tubular.
<b>Rio Grande do Norte</b>	Capacidade de recarga do aquífero, prevista em portaria, fundamentada em estudo hidrogeológico específico; Interferência provocada pelo poço em poços circunvizinhos; Múltiplos usos.
<b>São Paulo</b>	Estudos hidrogeológicos para a avaliação das reservas e do potencial dos recursos hídricos; Interferência provocada pelo poço ou poços circunvizinhos.

Fonte: Adaptado de Costa (2009).

Em se tratando de água subterrânea, o Decreto nº. 19.260/97 ainda afirma que a disponibilidade hídrica será entendida em função das características hidrogeológicas do local ou da bacia sobre a qual incide a outorga, observando ainda ou a vazão nominal de teste do poço ou a capacidade de recarga do aquífero.

Na prática paraibana, o que se utiliza como critério de outorga para água subterrânea é a vazão de teste de poço, advinda do projeto de poço, assinado por profissional devidamente capacitado, que o requerente apresenta ao solicitar a outorga (AESAs, 2008). O critério de capacidade de recarga do aquífero, não é utilizado, visto que é uma informação bastante difícil de ser conhecida, sendo necessária a modelagem detalhada dos aquíferos, com suas áreas de recarga, descarga, redes de fluxos, coeficientes hidrodinâmicos, etc., para a sua correta determinação (Costa, 2009).

O estado da Paraíba, portanto não utiliza a interferência entre poços como critério para outorgar os recursos hídricos subterrâneos.

### 3.1 – Critério de interferências 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 rebaixamentos de cada um deles se somam

os rebaixamentos decorrentes da influência dos poços vizinhos na área de interferência (Rêgo & Albuquerque, 2004).

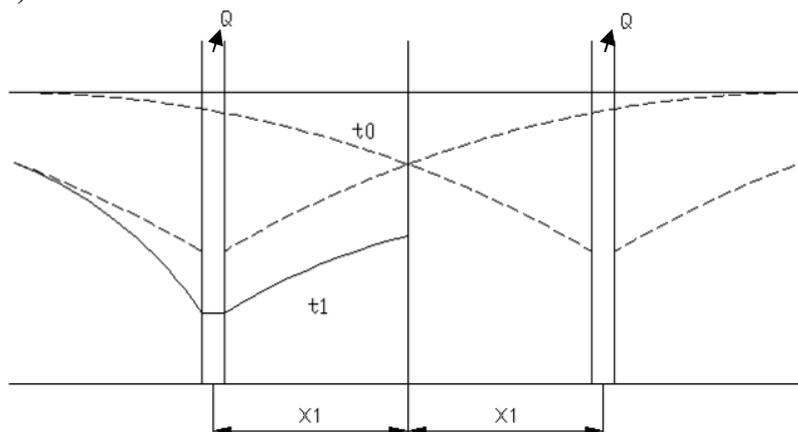


Figura 1 – Esquema do efeito de interferência entre poços (Adaptado de Rêgo & Albuquerque, 2004).

Nesta pesquisa, a interferência entre poços será determinada através do raio de influência do poço, o qual pode ser determinado através da expressão:

$$R = 1,5\sqrt{\frac{T \times t}{S}} \quad \text{(Equação 1)}$$

Sendo:

R = raio de influência, em metros;

T = transmissividade, em m<sup>2</sup>/s;

t = tempo de bombeamento, em segundos;

S = coeficiente de armazenamento, adimensional. Corresponde no subsistema livre à porosidade eficaz e, para o subsistema confinado está relacionando às propriedades elastocompressivas, da água e do meio poroso.

Entende-se por raio de influência, a distância para a qual o efeito de bombeamento de um poço é nulo, ou seja, é a distância limite do cone de rebaixamento.

A interferência irá reduzir o rendimento potencial dos poços envolvidos. Em severas circunstâncias, interferência entre poços pode causar rebaixamentos que tornam poços superficiais em poços secos. Por essa razão um critério que poderia ser adotado para concessão da outorga seria a garantia de não interferência, entre o poço a ser construído e os poços já existentes.

#### 4 - ÁREA DE ESTUDO: CIDADE DE JOÃO PESSOA

A área de estudo é a cidade de João Pessoa (Figura 2), capital e cidade mais populosa do estado da Paraíba, situada entre as coordenadas UTM 9214655 Sul e 291510 a Oeste de Greenwich,

possuindo uma área de 210,45 km<sup>2</sup> e abrigoando cerca de 18,5% da população paraibana (IBGE, 2007). Encontra-se totalmente inserida na Região do Baixo Curso do rio Paraíba (porção sudeste do estado da Paraíba), sendo que esta região é a única porção da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba a apresentar significativo potencial de água subterrânea.

Segundo o PERH-PB – Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba (AESAs, 2006), a Região do Baixo Curso do rio Paraíba apresenta um Índice de Ativação do Potencial (IAP) das águas subterrâneas de 0,827, isto significa que de 82,7% do potencial subterrâneo da região (estimado em 145,03 hm<sup>3</sup>/ano) já se encontra disponibilizado.

O alto valor do IAP<sup>2</sup> pode ser explicado pela baixa disponibilidade hídrica superficial e pela ausência de gestão dos recursos hídricos subterrâneos, que implica, entre outras ações, na perfuração desordenada de poços, provável razão das alterações de qualidade das águas dos aquíferos (Costa, 2009).

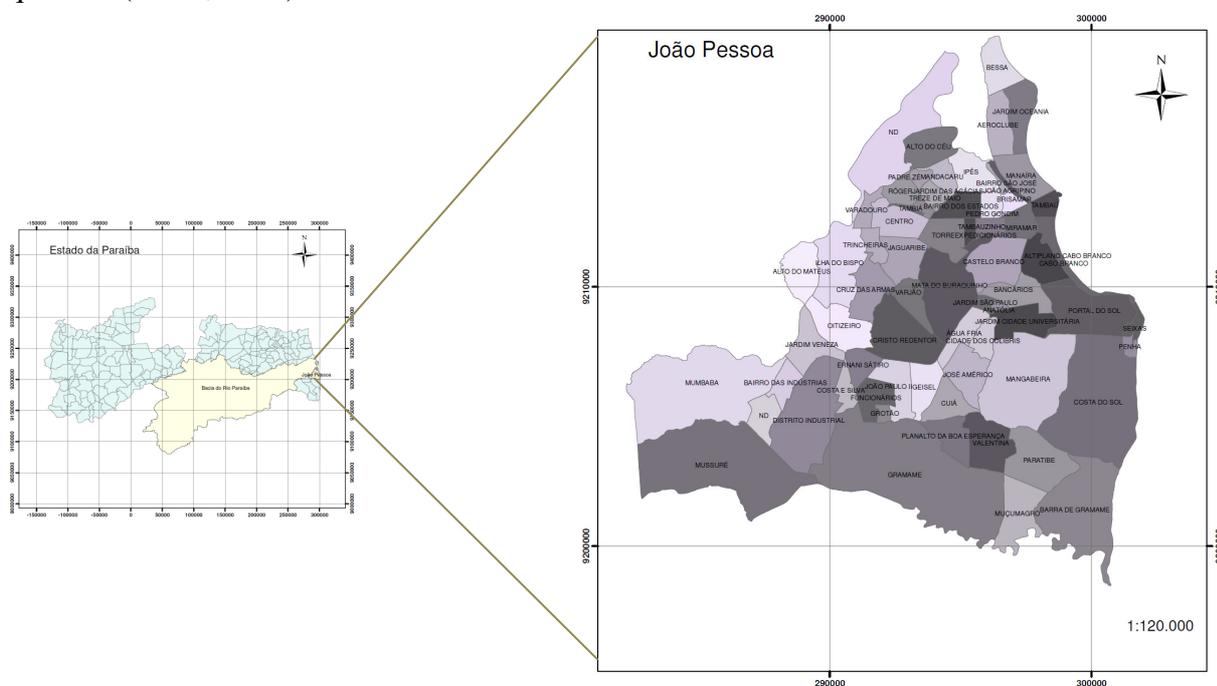


Figura 2 – Cidade de João Pessoa – PB.

Em relação às suas características hidrogeológicas, a cidade de João Pessoa situa-se sobre o sistema aquífero Pernambuco-Paraíba que tem por arcabouço geológico a bacia sedimentar homônima. Trata de uma bacia de origem tectônica (semi-graben) preenchida por sedimentos continentais e marinhos constituintes das Formações: Beberibe Inferior, de arenitos de granulometria variada, com base de conglomerados e Beberibe Superior, também denominada Itamaracá, composta em sua maior parte de arenitos calcíferos, com intercalações de litologias pelíticas; todas estas formações de idades Cretáceas.

<sup>2</sup> O Índice de Ativação do Potencial (IAP) expressa a relação entre o potencial ativado e o potencial, variando de 0 a 1. O índice 0 significa que o curso d'água ou aquífero não foi captado, encontrando-se em seu estado natural, e o índice 1 significa que o potencial está totalmente ativado, não comportando mais a construção de barramentos ou poços (Albuquerque & Rêgo, 1999).

Elas são cobertas, em sua parte mais litorânea, pela Formação Barreiras, originada no Terciário e por sedimentos fluvio-marítimos (areias, calcários conchíferos, etc.), aluviais (areias, siltes e argilas) e de praias (areias finas), inclusive dunas, de idades Quaternárias. Falhamentos desenvolvidos durante e após o processo de sedimentação desempenharam um importante papel na hidrogeologia regional e local do sistema aquífero.

No que diz respeito à área ora estudada, a falha de gravidade de Cabedelo preservou todo o pacote de sedimentos depositados na bacia. Assim, ocorrem nesta área dois subsistemas aquíferos: um sistema livre ou não-confinado contido na Formação Barreiras e nos sedimentos flúvio-marítimos constituinte da Planície Costeira e nas areias aluviais e de praias, possuindo espessura entre 20 e 70 metros; e um subsistema confinado, sotoposto, contido nas Formações Beberibe Inferior e Superior, com espessura entre 200 e 350 metros, tendo como camada confinante superior a formação Gramame e o Cristalino como embasamento confinante inferior (Figura 3).

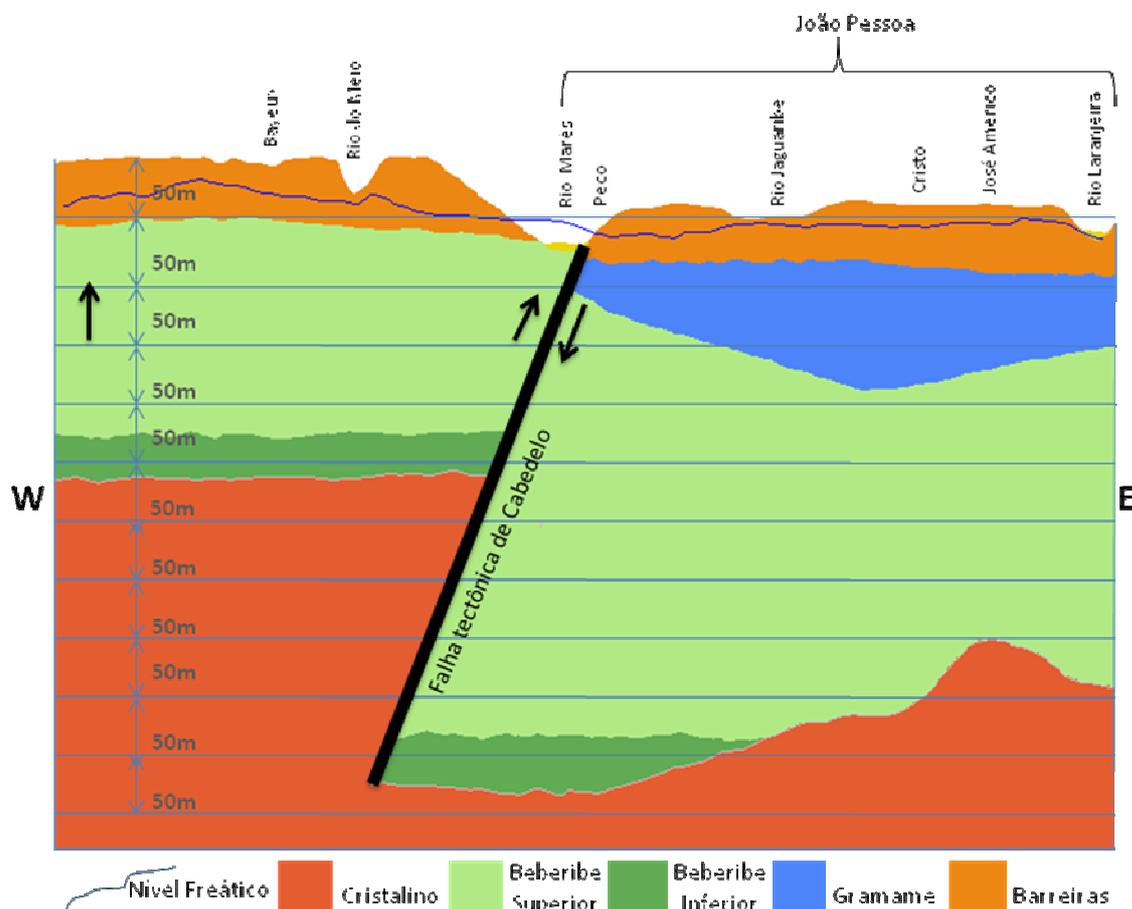


Figura 3 – Corte Geológico da Bacia Sedimentar Costeira PE-PB (Projeto ASUB, 2009).

## 5 – METODOLOGIA

Para a determinação dos raios de influência dos poços, são necessários os valores dos parâmetros hidrodinâmicos constantes na Equação 1, os quais são: transmissividade; tempo de bombeamento e coeficiente de armazenamento dos aquíferos. Como apresentado na caracterização

da área de estudo sabe-se que a região da cidade de João Pessoa possui um aquífero livre (Barreiras) e um aquífero confinado (Beberibe). De acordo com Costa *et al.* (2007) os parâmetros hidrodinâmicos que melhor representam a área estudada são:

Tabela 2 – Parâmetros hidrodinâmicos representativos na região estudada.

Aquífero	Transmissividade		Condutividade hidráulica		Armazenamento
	m <sup>2</sup> /d	m <sup>2</sup> /s	m/d	m/s	adimensional
Beberibe	140,00	1,60x10 <sup>-3</sup>	2,30	2,7x10 <sup>-5</sup>	1,5x10 <sup>-4</sup>
Barreiras	150,00	1,70x10 <sup>-3</sup>	8,60	1,0x10 <sup>-4</sup>	5,0x10 <sup>-2</sup>

Fonte: Costa *et al.*, 2007.

### 5.1 - Poços

Para o desenvolvimento desta pesquisa serão analisados o cadastro de poços de estudos realizados por Costa *et al.* (2007) e o cadastro dos poços perfurados pela Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais do estado da Paraíba (CDRM-PB). Apresenta-se na Tabela 3 a quantidade de poços constantes em cada cadastro analisado.

Tabela 3 – Quantidade de poços constantes nos cadastros de Costa et al. (2007) e CDRM (1990 a 2002)

Cadastro	Aquífero Captado Barreiras	Aquífero Captado Beberibe	Quantidade
Estudo de Costa (2007)	61	203	264
CDRM*	-	07	07
Total	61	210	272

\* Segundo informações de funcionários da CDRM, essa quantidade de poços é relativamente pequena, uma vez que esta companhia desenvolve mais perfurações na parte cristalina.

Na Figura 4 apresentam-se os poços locados na cidade de João Pessoa. Os poços apresentados em azul representam os poços do estudo de Costa *et al.* (2007) e que estão captando água subterrânea do aquífero Barreiras. Os poços apresentados em marrom representam os poços do estudo de Costa *et al.* (2007) e que estão captando água subterrânea do aquífero Beberibe. Já os poços em amarelo representam os do cadastro da CDRM. É importante ressaltar que de acordo com a profundidade do poço e do perfil geológico da cidade de João Pessoa, determina-se o aquífero de captação.

Observa-se que o regime de fluxo subterrâneo utilizado neste estudo, é o denominado Regime Transitório do escoamento natural das águas subterrâneas, ou seja, a carga hidráulica varia com o tempo visto ser característica da área de estudo.

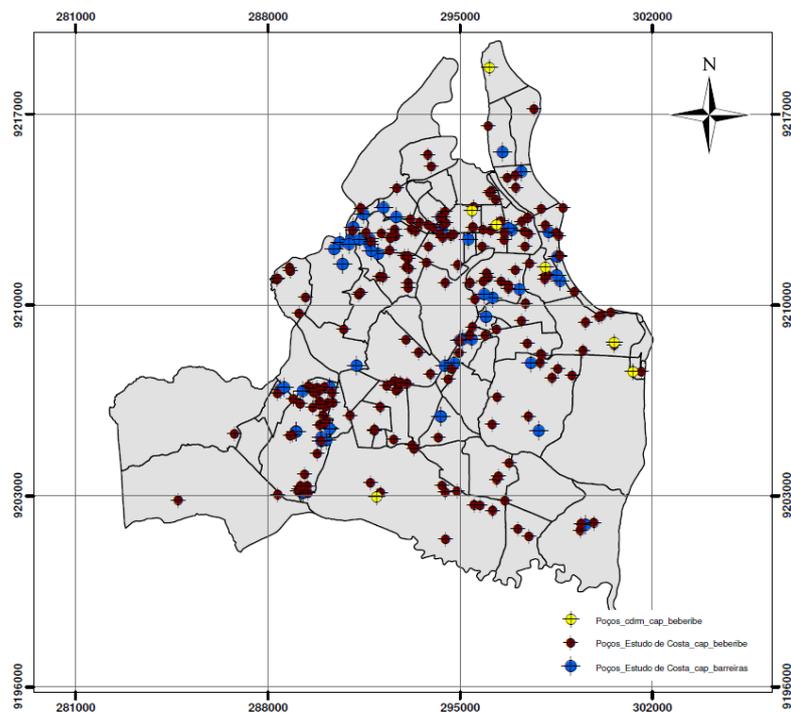


Figura 4 – Poços localados na cidade de João Pessoa.

## 5.2 - Cenários de simulação

Com a finalidade de simular o critério de outorga de interferência entre poços utilizando o raio de influência dos poços, serão analisados três cenários de simulação. Neles serão modificados os tempos de bombeamento para todos os poços e assim calculados os respectivos raios de influência.

As simulações serão realizadas utilizando a expressão da Equação 1 e considerando tempos de bombeamento de 4, 8 e 12 horas, ou seja:

- Cenário 1 – Tempo de bombeamento de 4 horas;
- Cenário 2 – Tempo de bombeamento de 8 horas;
- Cenário 3 – Tempo de bombeamento de 12 horas.

Para a determinação das áreas de influência dos poços foi empregado o programa ArcGis 9.2, o qual possui a função de gerar áreas a partir de raios. No caso em estudo foram inseridos os raios de cada poço (calculados utilizando-se a Equação 1) e em seguida foram geradas as áreas circulares correspondentes.

## 6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Realizadas as simulações, os resultados dos valores obtidos para os raios de influência de acordo com os três cenários simulados estão representados na Tabela 4.

Tabela 4 – Raios de Influência dos Poços na Cidade de João Pessoa para os cenários 1, 2 e 3.

Cenários	Raio de Influência (m)	
	Captação Aquífero Barreiras	Captação Aquífero Beberibe
Cenário 1	33,20	587,90
Cenário 2	46,95	831,40
Cenário 3	57,50	1.018,25

Analisando-se a Equação 1 e os valores obtidos na Tabela 4, observa-se que a Difusidade Hidráulica, relação entre a Transmissividade e o Coeficiente de Armazenamento, é menor no aquífero Barreiras, implicando em um raio de influência menor que o aquífero confinado. Com relação ao tempo de bombeamento, por ser proporcional ao raio de influência, o cenário 3 com um tempo de 12 horas de bombeamento, apresenta valores maiores de raio de influência em relação aos demais cenários (considerando que o escoamento admitido é de regime transitório).

No subsistema livre o cone de bombeamento de poços pode não se propagar e se estabelecer um regime de escoamento permanente na medida em que o cone interfere no escoamento fluvial.

A seguir serão apresentados os resultados das simulações de acordo com os cenários anteriormente descritos:

### 6.1 - Cenário 1



Figura 5 – Áreas de Influência dos poços com tempo de bombeamento de 4 horas (a) captação do aquífero Barreiras, muito pequena, imperceptível na escala do mapa; (b) captação do aquífero Beberibe.

## 6.2 - Cenário 2

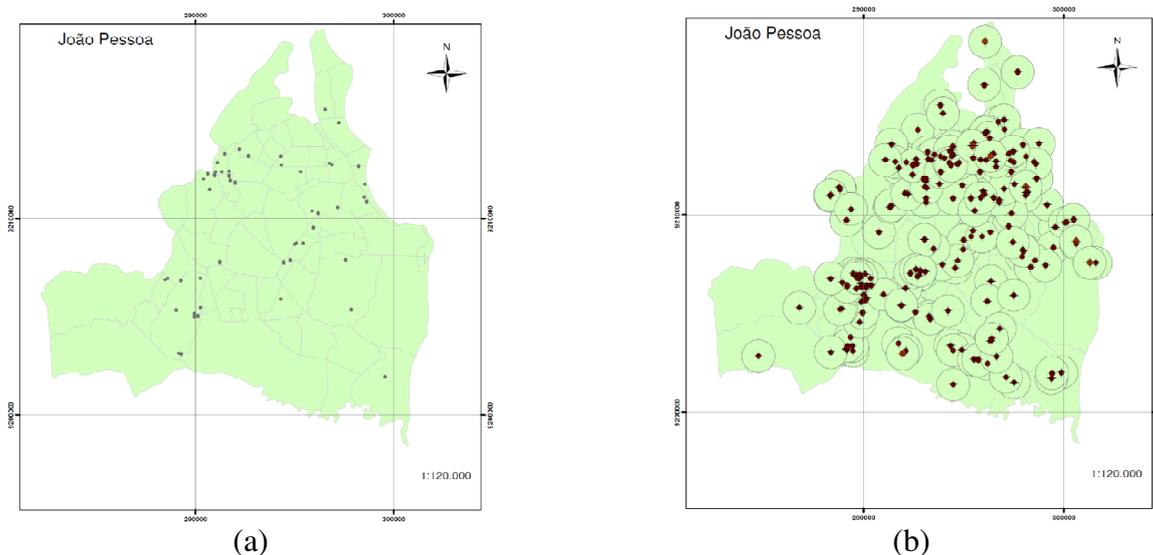


Figura 6 –Áreas de Influência dos poços com tempo de bombeamento de 8 horas (a) captação do aquífero Barreiras, muito pequena, imperceptível na escala do mapa; (b) captação do aquífero Beberibe.

## 6.3 - Cenário 3

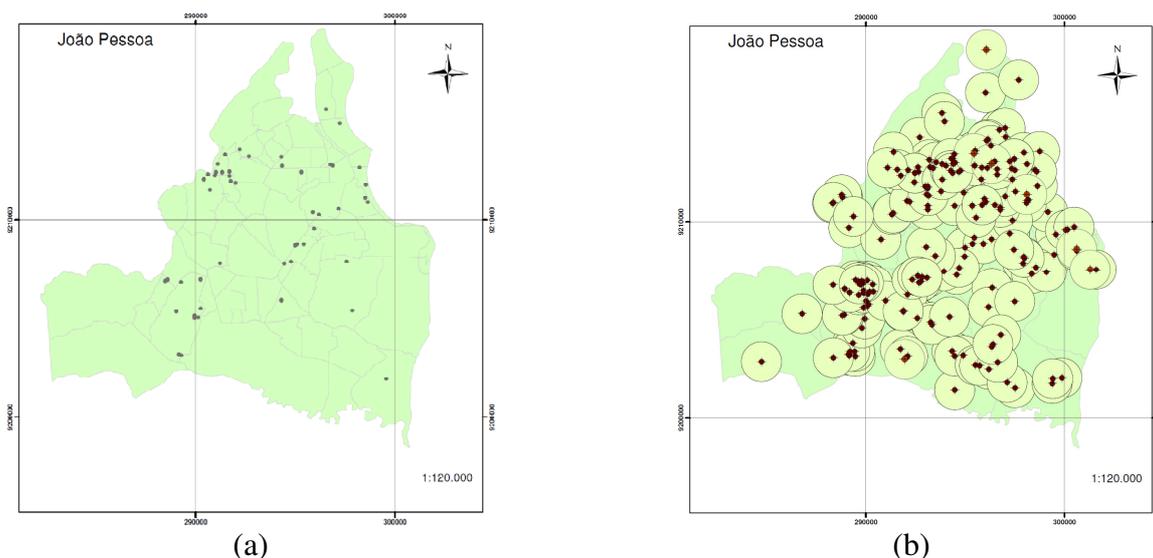


Figura 7 –Áreas de Influência dos poços com tempo de bombeamento de 12 horas (a) captação do aquífero Barreiras, muito pequena, imperceptível na escala do mapa; (b) captação do aquífero Beberibe.

De acordo com as áreas de influência obtidas nas Figuras 5(a), 6(a) e 7(a), verifica-se que para os três cenários com os poços captando no aquífero Barreiras, não existe interferência entre eles, podendo o órgão gestor outorgar a água de outros poços em uma vasta área da região considerada, desde que naturalmente não exista interferência das áreas de influência dos poços já existentes. No entanto, o critério aqui estudado é apenas de abrangência local e diante disto devem ser feitas análises sobre outros critérios, de abrangência regional e global (Costa, 2009) tais como: potencialidade, disponibilidade hídrica, dentre outros.

Para os poços com captação no aquífero Beberibe, por apresentarem raios de influência maiores, a quantidade de poços a ser outorgada é reduzida. A Tabela 5 apresenta as quantidades de poços permitidas para a exploração desse aquífero de acordo com o raio de influência e o cenário simulado.

Tabela 5 – Poços permitidos de acordo com os Raios de Influência.

Cenários	Quantidade de Poços	Quantidade permitida de acordo com os Raios de Influência
Cenário 1	203	60
Cenário 2	203	29
Cenário 3	203	27

A Figura 8 apresenta os poços os quais permaneceriam em funcionamento de acordo com o critério de interferência entre poços. A prioridade de permanência foi atribuída para aqueles poços com a data de perfuração mais antiga. Todavia, outras prioridades podem ser consideradas tais como o tipo de uso, a vazão de retirada, etc.

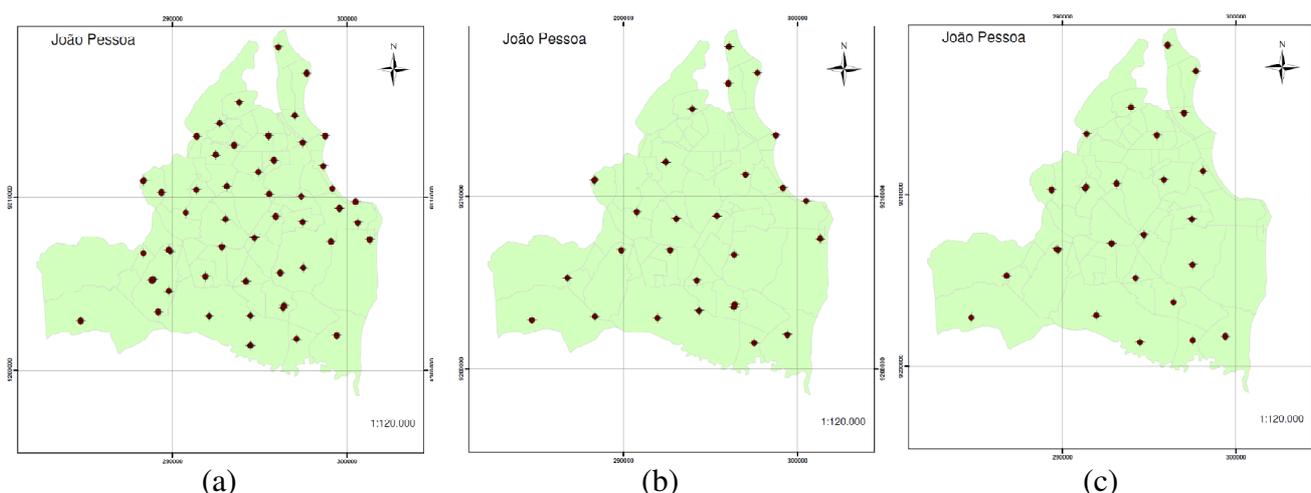


Figura 8 – Poços permitidos no aquífero Beberibe (a) Cenário 1; (b) Cenário 2; (c) Cenário 3.

Conforme já citado e mostrado acima na Tabela 5 e na Figura 8, no caso dos poços com captação no aquífero Beberibe utilizados neste estudo apenas para uma fração deles poderia ser concedida a outorga.

No entanto, a outorga de direitos dos usos de recursos hídricos, por ser um instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos, deve proporcionar o uso múltiplo da água e seus aspectos qualitativos e quantitativos. O órgão gestor pode então propor, por exemplo, que os usuários utilizem horários de bombeamentos diferentes para que não ocorra o rebaixamento dos cones e a vazão de exploração seja diminuída.

Outra decisão que pode ser tomada pelo órgão gestor é avaliar quais as técnicas que estão sendo utilizadas para o manuseio dessa água, a fim de aprimorar a eficiência destas técnicas e consequentemente diminuir o desperdício de água.

## **7 - CONCLUSÕES**

De acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº. 9.433/97, a outorga de direito de uso da água destaca-se como um dos instrumentos de maior relevância, uma vez que proporciona o alcance dos objetivos propostos em relação à racionalização do uso da água no país.

Com relação às simulações realizadas neste trabalho, constatou-se que nem todos os poços que captam água subterrânea do aquífero Beberibe estariam aptos a receberem outorga de direito de uso, uma vez que causariam interferência nos poços vizinhos. Esta inferência torna-se possível devido ao conhecimento das características dos aquíferos presentes na área estudada e das características dos poços existentes.

O critério de interferência entre poços aqui apresentado mostrou-se uma forma eficiente de análise da outorga de águas subterrâneas, no entanto outros critérios devem ser considerados na análise do pleito da outorga, tais como: potencial de água subterrânea, intrusão salina, vulnerabilidade dos aquíferos e rebaixamentos máximos permissíveis.

## **AGRADECIMENTOS**

Esta pesquisa se insere no âmbito do projeto “*Integração dos instrumentos de outorga, enquadramento e cobrança para a gestão das águas subterrâneas*” financiado pelo MCT/FINEP/CT-HIDRO. O primeiro e segundo autores receberam bolsas de estudo durante a realização desta pesquisa. Todos os autores agradecem as instituições mencionadas.

## **BIBLIOGRAFIA**

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. (2006). *Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba. Relatório Final*. Disponível on-line em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/perh/>>. Acesso em junho de 2008.

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. (2008). Comunicação Pessoal no dia 11 de dezembro de 2008.

ANA – Agência Nacional de Águas. (2007). *Cadernos de Recursos Hídricos nº. 4*. Superintendência de Outorga e Fiscalização. Brasília, 2007.

- BRASIL (1997). *Política Nacional de Recursos Hídricos*. Diário Oficial da União, DOU de 09 de janeiro de 1997, Seção 1, Brasília DF, p. 470-474.
- BRASIL (2006). *Plano Nacional de Recursos Hídricos. Panorama e Estado dos Recursos Hídricos do Brasil*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 281p.
- CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. (2000). *Resolução nº. 9. Institui a Câmara Técnica Permanente de Águas Subterrâneas*. Brasília: MMA.
- CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. (2001). *Resolução nº. 15. Estabelece diretrizes para a gestão de águas subterrâneas*. Brasília: MMA.
- CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. (2001). *Resolução nº. 16. Estabelece critérios gerais para a outorga de direito de uso dos recursos hídricos*. Brasília: MMA.
- COSTA, M. L. M. (2009). *Estabelecimento de Critérios de Outorga de Direito de Uso para as Águas Subterrâneas*. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande.
- COSTA, M. L. M.; MEDEIROS, C. M.; BATISTA, M. L. C.; RIBEIRO, M. M. R. (2008). *Análise da Integração das Águas Superficiais e Subterrâneas no Aparato Legal de Recursos Hídricos do Brasil e do estado da Paraíba*. In: XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Natal: ABAS.
- 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 (2007). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível on-line em <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>>
- PARAÍBA (1996). *Lei Estadual nº. 6.308 de 02 de julho de 1996*. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, suas diretrizes e dá outras providências. Disponível on-line em <[www.aesa.pb.gov.br/legislacao/leis/estadual/politica\\_estadual\\_recursos\\_hidricos.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/legislacao/leis/estadual/politica_estadual_recursos_hidricos.pdf)>.
- PARAÍBA (1997). *Decreto Estadual nº. 19.260, de 31 de outubro de 1997*. Regulamenta a outorga do direito de uso dos recursos hídricos e dá outras providências. Disponível on-line em <[www.aesa.pb.gov.br/legislacao/decretos/estadual/19260\\_97\\_outorga\\_agua.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/legislacao/decretos/estadual/19260_97_outorga_agua.pdf)>.
- PARAÍBA (2007). *Lei Estadual nº. 8.446, de 28 de dezembro de 2007*. Dá nova redação e acrescenta dispositivos à Lei nº. 6.308, de 02 de julho de 1996, que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, e determina outras providências. Disponível on-line em <[www.aesa.pb.gov.br/legislacao/leis/estadual/Lei\\_Estadual\\_8.446.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/legislacao/leis/estadual/Lei_Estadual_8.446.pdf)>.
- PROJETO ASUB (2009). *Integração dos instrumentos de outorga, enquadramento e cobrança para a Gestão das águas Subterrâneas*. Relatório Técnico Parcial nº 1. Campina Grande. Universidade Federal de Campina Grande.
- RÊGO, J. C.; ALBUQUERQUE, J. do P. T. (2004). *Hidrogeologia Aplicada*. Campina Grande: UFCG/UNESCO, 2004.