

SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS NO USO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA CIDADE DE JOÃO PESSOA - PB

Vanessa Rosales Bezerra(1); Kelly Dayane Silva do Ó(1); Valneli da Silva Melo (2); Rejane Mirella Izabel Porto(3); Luis Reyes Rosales Montero (4)

*(Universidade Estadual da Paraíba, rosalesuepb@gmail.com;
Universidade Estadual da Paraíba, kelly.dayane@hotmail.com;
Universidade Estadual da Paraíba, valnelismello@hotmail.com;
Universidade Estadual da Paraíba, rejanemirelle@gmail.com;
Universidade Federal de Campina Grande, professorluisreyes@hotmail.com)*

Resumo: O aumento crescente da população mundial e as necessidades trazidas com novas tecnologias da indústria e da irrigação tornam cada vez maior a demanda pelos recursos hídricos. Por ser um recurso escasso, a água passa a ser tratada como um bem econômico, sendo assim passível de valorização. Entretanto, conforme a demanda pelo recurso aumenta, também aumenta seu preço. Soluções alternativas para abastecimento humano podem ser encontradas nas águas subterrâneas. A dificuldade das águas subterrâneas se encontra na captação desta, que necessita da instalação de bombas de água. Esse trabalho aborda as melhores formas de captação de água subterrânea e a viabilidade econômica de captação alternativa de água subterrânea para abastecimento humano.

Palavras-chave: água subterrânea, bombeamento de poços, custo-benefício.

1. INTRODUÇÃO

A escassez hídrica, bem como a degradação da qualidade da água, os princípios de utilização dos recursos hídricos vêm sofrendo mudanças, de forma que se torna imperativo a melhor alocação desses recursos finitos. Para remediar os males causados pela escassez de primeira e segunda ordem, tornam-se necessárias a adoção de medidas técnicas, institucionais e estruturadas economicamente. Para auxiliar a gestão dos recursos hídricos no Brasil, foi implantada a Lei 9433, de 1997, que cria todo o arcabouço legal da gestão moderna do uso da água.

Em conformidade com as diretrizes globais para o desenvolvimento sustentável, objetivando atingir as Metas de Desenvolvimento do Milênio, torna-se necessária uma mudança nos padrões de produção e consumo da sociedade.

Em termos de recursos hídricos, as regiões de grande concentração populacional exercem um agravamento no aumento de consumo e na qualidade dos mananciais. Assim, o crescimento das atividades econômicas e a manutenção das condições de qualidade de vida da população dependem da conscientização da importância desse insumo estratégico e do seu uso de forma racional por parte de todos os setores.

Para tal, são necessários investimentos em desenvolvimento tecnológico e na busca de soluções

alternativas para a alocação eficiente dos recursos hídricos, como é o caso do reuso da água, bem como ações eficientes para a gestão da demanda. É de total importância que essas práticas sejam adotadas, a fim de resguardar a saúde pública e observando os cuidados para com o patrimônio e a natureza.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sustentabilidade Hídrica e Desenvolvimento Sustentável

O estabelecimento de qualquer plano ou programa de desenvolvimento sustentável, a nível municipal, estadual ou nacional, enfrenta dois desafios: a conceituação objetiva de seu significado e abrangência e a identificação de parâmetros capazes de permitir o monitoramento das ações e, sobretudo, a avaliação dos resultados.

Vieira (2002) estabelece uma definição mais objetiva: “o desenvolvimento sustentável é o processo de melhoramento e ampliação do patrimônio econômico, ambiental e social, realizado de forma contínua e harmônica, com distribuição equânime no tempo e no espaço”. O autor trata, ainda, de destacar algumas características inerentes ao desenvolvimento sustentável:

- processo contínuo;
- objetivos econômico, social e ambiental;
- harmonia entre esses objetivos;
- respeito às gerações futuras.

Assim, a adoção de planos de desenvolvimento sustentável deverá utilizar esses princípios e a relação que eles possuem entre si, definindo parâmetros de padrões de qualidade, preservação de valores culturais e a reserva de oportunidades para as gerações que virão. Entretanto, a definição de indicadores que, sempre que possível, são quantificáveis, é uma tarefa extremamente árdua. Instituições nacionais e internacionais vêm realizando a busca de parâmetros e paradigmas aceitáveis, acima de tudo com uma fácil aplicabilidade.

2.2 A importância da conservação da água

A água é um fator limitante para o desenvolvimento agrícola, urbano e industrial, de forma que a disponibilidade per capita de água doce vem sendo reduzida rapidamente, face ao aumento gradativo da demanda para seus múltiplos

usos e à contínua poluição dos mananciais ainda disponíveis.

A escassez de água não pode mais ser considerada como atributo exclusivo de regiões áridas e semi-áridas. Muitas áreas com recursos hídricos abundantes, mas insuficientes para atender a demandas excessivamente elevadas, também experimentam conflitos de usos e sofrem restrições de consumo que afetam o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida.

Para restabelecer o equilíbrio entre oferta e demanda de água e garantir a sustentabilidade do desenvolvimento econômico e social, é necessário que métodos e sistemas alternativos modernos sejam convenientemente desenvolvidos e aplicados em função de características de sistemas e centros de produção específicos. Nesse sentido, reúso, reciclagem, gestão da demanda, redução de perdas e minimização da geração de efluentes se constituem, em associação às práticas conservacionistas, nas palavras-chave mais importantes em termos de gestão de recursos hídricos e de redução da poluição (ANA, 2005).

Alguns autores recomendam que águas subterrâneas e superficiais sejam tratadas com abordagens diferentes, de forma que essa diferença também se reflita no valor a ser cobrado pelo seu uso. De fato, diferenças como custo de extração e exames de qualidade se tornam mais dispendiosos de um tipo de água para outra, além do que, fatores como topografia acidentada, cobertura vegetal e o tipo de rocha na qual se encontra o corpo de água são de fundamental importância para o processo de extração, bem como para o processo de cobrança. Em alguns locais o preço da água subterrânea chega a ser mais barato que o preço das águas superficiais, intensificando ainda mais a demanda por esse tipo de água (MAHOPATRA; MITCHELL, 2008).

A ONU (2007) estima que, até 2027, 60% da população mundial sofrerá com a escassez dos recursos hídricos. O problema maior na questão da escassez dos recursos ambientais, de forma geral, não está no aumento direto da população, mas sim no aumento desordenado do consumo de tais recursos. "A comunidade global tem conhecimentos para lidar com a escassez de água. O que é necessário é agir", afirma a agência da ONU.

Os aquíferos porosos ou sedimentares, que compõem os aquíferos mais importantes, são formados por rochas sedimentares ou sedimentos arenosos. Possuem poros desenvolvidos entre grãos de areia, silte e argila, ocorrendo neles à circulação da água. No entanto, os de tipo fissural, que tem sua formação a partir das rochas ígneas (metamórficas ou cristalinas), têm

suas águas circulando entre suas fraturas, devido ao movimento tectônico.

Já os cársticos são originados das rochas calcáreas ou carbonáticas, possuem fraturas e descontinuidades, por onde se dar o movimento das águas. De acordo com o tamanho dessas aberturas, podem surgir rios subterrâneos (SMA, 2003).

Cada aquífero possui sua reserva permanente de água, seja ela ativa ou reguladora, sendo elas sempre abastecidas a partir da infiltração das águas da chuva ou de outras fontes subterrâneas. A região onde se dar o abastecimento do aquífero, recebe o nome de zona de recarga, podendo ser direta ou indireta.

Temos dois tipos de recarga aquífera, segundo Bertol (2007):

- Recarga direta: Como o próprio nome já diz, é aquela onde as águas de precipitação se infiltram diretamente no aquífero, através de suas áreas de afloramento e fissuras de rochas sobrejacentes. Sua ocorrência é certa nos aquíferos livres, incidindo em toda superfície acima da zona saturada. Já nos aquíferos confinados, sua recarga se dar geralmente em pontos onde a formação aquífera aflora a superfície.
- Recarga indireta: É resultante da drenagem superficial, oriunda dos leitos de curso de água na superfície (lagos atividades de irrigação e urbanização) e do fluxo subterrâneo indireto.

Os maiores índices de recarga se dar nas regiões planas, bem arborizadas, e nos aquíferos livres. Já em áreas de terreno irregular, se cobertura vegetal, com possíveis utilizações, manejo e ocupação, que favorecem as enxurradas, a recarga ocorre de maneira mais lenta e limitada. (REBOUÇAS et al., 2002).

As áreas de recarga direta destacam-se como áreas de alto índice de poluição dos aquíferos. Atividades de irrigação ou ferti-irrigação, vazamentos nas redes de esgoto e de água pluvial, são alguns dos fatores que contribuem para o aumento da susceptibilidade à poluição.

A vulnerabilidade pode ser entendida como sendo um conjunto de características do aquífero que determinam a possibilidade ser afetado pela carga poluidora. O conceito de vulnerabilidade parte de três premissas básicas: 1- toda água subterrânea é vulnerável, em maior ou menor grau, à contaminação; 2- a incerteza é admitida em qualquer avaliação de vulnerabilidade; 3- os sistemas de indexação podem esconder algumas características e sutilezas (NRC, 1993 apud FOSTER et al., 2002).

O mapeamento da vulnerabilidade serve como ferramenta para a gestão dos recursos hídricos e para a gestão do uso do solo, pois fornece uma estrutura para o planejamento e controle das atividades antrópicas na superfície do terreno, evitando que algum contaminante despejado no solo possa vir a atingir o aquífero.

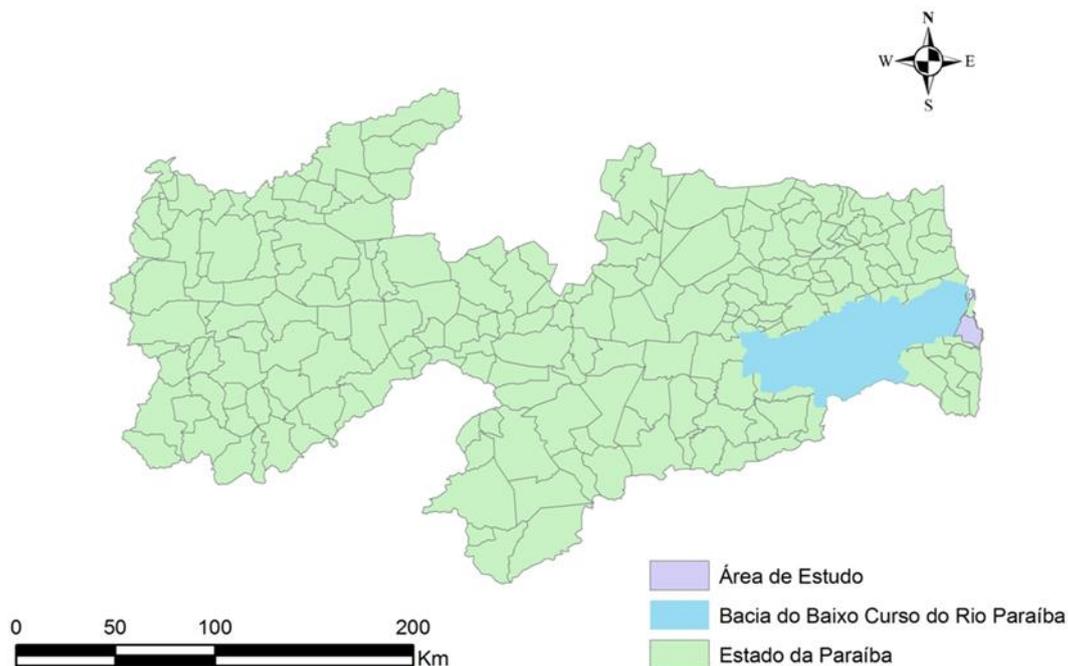
Existem diversas metodologias para a determinação da vulnerabilidade, porém para um resultado satisfatório recomenda-se que se utilize mais de uma metodologia para poder compará-las e se chegar a um resultado consciencioso. Expõem-se, a seguir, resumidamente, as características dos principais métodos usados na determinação do grau de vulnerabilidade de um aquífero.

METODOLOGIA

Caracterização da Área de Estudo

A área selecionada para aplicação do estudo compreende o município de João Pessoa, localizado no extremo Leste do Estado da Paraíba (longitude Oeste 34°47'30" e latitude Sul 7°09'28), abrangendo uma área total de aproximadamente 211km² e uma população de 733.154 habitantes (IBGE, 2011).

Em termos hidrológicos, o município de João Pessoa se localiza sobre a Região do Baixo Curso do rio Paraíba, correspondente, hidrogeologicamente, à parte da Bacia Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba, a qual possui uma área com cerca de 1.129,35 km², abrangendo 10 municípios, entre os quais a capital João Pessoa (Medeiros et al, 2011), conforme indicado na Figura 1. Figura 1 :Bacia hidrográfica do rio Paraíba, com destaque para a Região do Baixo Curso e o município de João Pessoa (área de estudo).



Fonte: ASUB (2012).

Na Região do Baixo Curso do rio Paraíba, a pluviometria média é de cerca de 1.500 mm/ano, com um desvio padrão de 400 mm/ano, para mais e para menos; a temperatura média anual é de 25°C, podendo chegar a 31°C; há intensa cobertura vegetal com restos de Mata Atlântica (COSTA et al., 2002). A potencialidade hídrica subterrânea da Região está estimada em $145,03 \times 10^6$ m³/ano. Desse valor, 82,7% já estão ativados através de cerca de 862 poços perfurados na região (AES A, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cidade de João Pessoa possui, atualmente, 127 usuários de água subterrânea, com outorga de captação concedida pela AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Destes 127 usuários, 54 possuem outorga para uso de abastecimento humano predial, 35 para uso comercial, 36 para uso industrial e 2 para irrigação, cujos respectivos volumes outorgados são mostrados na Tabela 1 (não são aqui consideradas as outorgas concedidas à CAGEPA – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba, para exploração de água subterrânea para fins de abastecimento público). No entanto, é importante ressaltar que os Cadastros de Usuários e de Outorgas da AESA encontram-se bastante desatualizados, sendo muito maior o número de poços perfurados (principalmente em condomínios

residenciais) do que o número de outorgas (ASUB, 2011).

Tabela 1: Outorgas de água subterrânea, concedidas pela AESA, para a cidade de João Pessoa.

Tipo de Uso	Usuários Outorgados	Volume Outorgado (m³/ano)
Abastecimento Humano Predial	54	21.700.921,40
Abastecimento Comercial	35	529.475,20
Industrial	36	7.062.252,10
Irrigação	2	10.028.800,00
Total	127	39.321.448,70

Fonte: AESA (2012).

A vulnerabilidade à contaminação das águas na cidade de João Pessoa

As atividades de captação e exploração das águas subterrâneas dependem de mecanismos legais e institucionais que regulem, controlem e fiscalizem o seu uso. A falta destes instrumentos coloca em risco a qualidade dos aquíferos que, uma vez poluídos ou contaminados, sua recuperação é de longa duração, tecnicamente difícil e muitas vezes inviável (COELHO; DUARTE, 2003). Ressalta-se que a melhor maneira para garantir a boa qualidade da água subterrânea é através da sua proteção e prevenção.

A proteção das águas subterrâneas quanto aos componentes poluentes passa pelo uso e à ocupação do solo e, conseqüentemente, pelo planejamento dos recursos hídricos. De acordo com Santos *et al.* (2006) os índices de vulnerabilidade de aquíferos constituem ferramenta útil e garantem a qualidade das águas subterrâneas, dadas as limitações técnicas e principalmente econômicas para remediar um aquífero já poluído.

De acordo com Foster e Hirata (1998), o termo vulnerabilidade expressa as características intrínsecas naturais que determinam a sensibilidade de um aquífero ser adversamente afetado por uma carga poluente antrópica imposta. A vulnerabilidade das águas subterrâneas normalmente descreve a suscetibilidade, de um aquífero (freático, semi-confinado ou confinado) ou de um poço, ser afetado por contaminantes que podem reduzir a qualidade das suas águas (LIGGETT; TALWAR, 2009).

Segundo a AESA (2012), aproximadamente 25% de toda a água outorgada para fins de abastecimento urbano, na cidade de João Pessoa, provém de poços de água subterrânea. Essa porcentagem é incidente, em sua maioria, sobre condomínios prediais, onde geralmente cada um explora um ou mais poços. Os condomínios são

ligados à rede pública de abastecimento (CAGEPA), mas pagam apenas a tarifa mínima, visto que as suas necessidades são atendidas pela água dos poços; além da não racionalidade do uso – levando à super exploração em alguns casos –, existem problemas relativos à qualidade da água subterrânea, a qual nem sempre atende aos parâmetros de potabilidade (MEDEIROS, 2012). Esta autora aponta o uso e ocupação do solo, a extrapolação de vazão, além da perfuração de poços clandestinos, como fatores que têm diminuído, consideravelmente, a qualidade das águas subterrâneas na área de estudo; uma vez que não há fiscalização efetiva desses pontos de captação e que não há, também, um limite de quantidade de vazão que possa ser (legalmente) aplicado, a tendência é que a qualidade das águas subterrâneas diminua ainda mais na área estudada.

Custo da Captação de Água Subterrânea em João Pessoa - PB

Souza (2010) definiu o custo de um poço para abastecimento humano na cidade de João Pessoa, como segue mostrado abaixo.

Tabela 2 - Cálculo do custo de um poço para abastecimento humano

POÇO DE BAIXA PROFUNDIDADE	
Custos	
Locação do Geólogo	R\$ 90,00 por metro linear
Perfuração (até 50 m)	
Teste de Bombeamento	
Análise Físico-química	
Profundidade do poço (m)	50
Total	4.500,00
Valor da Bomba	1.076,00
Custo Total (R\$/poço)	5.576,00

Fonte: Souza (2010)

Tendo o custo total do poço como investimento inicial, e considerando uma taxa de juros de 10% a.a. e uma vida útil de 15 anos para o poço, o preço da água no poço foi definido a

partir do benefício anual, tendo sido calculado pela Equação 16:

$$BA = Inv.Inicial * \left\{ \left[(1+i)^n * i \right] / \left[(1+i)^n - 1 \right] \right\} \quad (1)$$

Onde: BA é o Benefício Anual (R\$/ano); Inv. Inicial é o valor do custo total do poço; i é a taxa de juros ao ano; n é o tempo de vida útil do poço.

Considerando que o uso humano de água subterrânea se faz mais presente nas cidades de João Pessoa e Cabedelo, e que, em sua maior parte, ocorre em condomínios prediais, considerou-se uma média de 26 (vinte e seis) apartamentos por prédio, e um poço por prédio, possuindo, cada apartamento, uma demanda mensal de 40 m³ (valor fixado com base em entrevistas informais com moradores da área). Assim, a demanda anual por poço totalizou 12.480 m³/ano/poço.

A seguir, são apresentados os valores obtidos para o Benefício Anual (R\$ 733,09/ano/poço) e para o preço do metro cúbico de água, por poço, para abastecimento humano (R\$ 1,52/m³/poço).

PREÇO DA ÁGUA DE POÇO - BAIXO CURSO DO RIO PARAÍBA			
Benefício anual = (Investimento inicial)*[(1+i) ⁿ *i]/[(1+i) ⁿ -1] Obs.: En = elevado a n			
i=10% a.a. n=15 ano; Inv.Inicial=R\$5.576,00 (perfuração do poço + bomba)			
(i + 1) ⁿ E ⁿ	4,1772482	(i+1) ⁿ E ⁿ - 1	3,17725
(i + 1) ⁿ E ⁿ *i	0,4177248	(i+1) ⁿ E ⁿ *i/[(i+1) ⁿ E ⁿ -1]	0,13147
Benefício anual	0,131474 * Investimento inicial		
R\$	733,09902		
Demanda:	480 m ³ /ano	Considerando uma residência individual com consumo estimado em 40 m ³ /mês 480 m ³ /ano	
		Considerando uma média de 26 apartamentos por prédio a demanda por poço m ³ /ano 12480	
Preço do m ³ (R\$/m ³):	1,52729		
Obs.: Para o caso do poço em prédio residencial, o valor do benefício deve ser dividido pela demanda do prédio, o que dá um valor bem menor para o m ³ (em torno de 3 centavos de real)			

Fonte: Souza (2010)

A Tabela 2, mostra os preços cobrados pela CAGEPA para o consumo de água:

Tabela 2 :Preços unitários para uso de água superficial para abastecimento humano

Volume Consumido	Valor Cobrado (R\$)	Valor Médio (R\$/m³)
Até 10m ³	20,93	2,093
De 11 a 20 m ³	27,90	2,790
De 21 a 30 m ³	35,70	3,570
Acima de 30 m ³	33,88	3,388

Em comparação ao valor obtido para a perfuração do poço (R\$1,52/m³), percebe-se que o uso da água subterrânea se mostra muito viável, se comparado ao uso de água da concessionária (CAGEPA).

CONCLUSÃO

O uso de águas subterrâneas para abastecimento humano se torna muito viável se comparado ao uso de águas superficiais, especialmente pelo fator econômico. A variedade de bombas hidráulicas existentes no mercado permite a obtenção de poços com preços variados, de forma que, de acordo com a necessidade de demanda do usuário, o preço do poço pode vir a diminuir. É importante ressaltar que a NDU 003 recomenda o uso de inversor ou partida suave para bombas acima de 5CV.

Recomenda-se o uso racional das águas subterrâneas, uma vez que, se contaminadas, sua recuperação de potabilidade pode demorar décadas e, em alguns casos, séculos.

O problema do uso irracional desse recurso reside não apenas no bom senso de seus usuários, mas também de falhas administrativas do órgão que sanciona a outorga de direito de uso dos recursos hídricos subterrâneos (no caso de João Pessoa, esse órgão é a AESA – Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba). Uma das maiores falhas encontradas no sistema de outorga é que a grande maioria dos poços outorgados não possuem hidrômetro ou nenhum tipo de fiscalização por parte da AESA.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ACSAD - BGR (2003). *“Technical Cooperation project, Management, Protection and Sustainable use of Groundwater and soil Resources in the Arab Region”* Vol. 4 - Guidline for Groundwater Vulnerability Mapping and Risk Assessment for the Susceptibility of Groundwater Resources to Contamination. Damascus.

ANA – Agência Nacional de Águas. *Conservação e reuso da água em edificações*. São Paulo, Junho de 2005.

CASTRO, J. B. F.; SOUZA, J. C. S. *Água subterrânea e automação no saneamento*. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. São Paulo, 2002.

CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. *Nosso Futuro Comum*. FGV, 1995.

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. *Resolução nº 48*, de 21 de março de 2005. Estabelece critérios gerais para a cobrança pelo uso dos Recursos Hídricos.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. *Execução de Testes de Bombeamento em Poços Tubulares*. Rio de Janeiro, 2008.

COELHO, V. M. T. e DUARTE, U. (2003). *“Perímetros de proteção para fontes naturais de águas minerais”*. Revista Águas Subterrâneas (77-91), nº 17.

ELETROSUL. *Casa Eficiente*. Acesso em: mês de abril/2012. <
<http://www.eletrosul.gov.br/casaeficiente/br/home/conteudo.php?cd=8>>.

FREIRE, C. C. ; AMORIM, E. L. C. de ; PIMENTEL, I. M. C. ; LINS, R. C. ; HERNANDEZ, A. O. ; BREDA, P. C. . Valoração Da Água Subterrânea Para Efeito Da Cobrança. *Anais. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Curitiba, disponível em CD-ROM. ABRH, 2003.

FOSTER, S.;HIRATA, R.; GOMES, D.;D’ELIA, M.; PARIS, M.(2002). *“Proteção da Qualidade da Água Subterrânea”* Servmar – Serviços Técnicos Ambientais Ltda, São Paulo, 105p.

J. N. Ribeiro Filho; G. C. Silva; K. F. M. Lucena; N. H. C. Carvalho **Projeto e execução de casa ecoeficiente em campina grande-PB**. Disponível em:
<<http://www.scribd.com/doc/49269331/Projeto-e-Execucao-da-Casa-Ecoeficiente-Campina-Grande>> Acesso em **06 de junho de 2012**

LIGGETT, E. J. e TALWAR, S. (2009). *“Groundwater Vulnerability Assessments and Integrated Water Resource Management”*. Streamline Watershed Management Bulletin (18-29), Vol. 13, nº 1.

MATTA, M.A.S; Bandeira, I.C.N; Cavalcante, I.N; Prado, J.B; Craveiro, G.S; Rodrigues, R.C.S.Vulnerabilidade e risco de contaminação do sistema aquífero superior da região de Barcaena/PA. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007

PROJETO ASUB (2009). Integração dos instrumentos de outorga, enquadramento e cobrança para a Gestão das águas Subterrâneas. Relatório Técnico Parcial nº01. Universidade Federal de Campina Grande-PB.

REBOUÇAS, A. C. (1999) Águas subterrâneas. In REBOUÇAS, A.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. (org.). Águas doces do Brasil. Editora Escrituras, São Paulo: 117-150.

SANTOS, M. M. dos; CHANG, M. R. C.; KIANG, C. H.e CELLIGOI A. (2006). “Avaliação da vulnerabilidade natural à poluição utilizando o índice drastic em área selecionada na cidade de Londrina (PR)”. Revista Águas subterrâneas (29-46), nº 20.

SILVEIRA, B.Q. *Reuso da água pluvial em edificações residenciais*. TCC (Engenharia Civil). UFMG. 2008

TOMAZ, P. *Aproveitamento de água de chuva*. São Paulo: Navegar, 2003.

VIEIRA, V.P.P.B. *Sustentabilidade do Semi-Árido Brasileiro: Desafios e perspectivas*. RBRH, v.7, n.4, p.105-112, out/dez. 2010.

VIEIRA, Z.M.C.L. *Metodologia de análise de conflitos na implantação de medidas de gestão de demanda de água*. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). UFCG. Campina Grande, 2008.