

RESERVAS HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS E CONTRIBUIÇÃO À GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM ALUVIÕES NO SEMIÁRIDO

Renata Nayara Câmara Miranda SILVEIRA¹, Raimundo Nonato Távora COSTA², Filipe da Silva PEIXOTO¹, Humberto Gildo de SOUSA², Itabaraci Nazareno CAVALCANTE¹, Rafael Mota de OLIVEIRA³

- (1) Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, bloco 912, Fortaleza-Ceará, CEP: 60020-181. Endereço eletrônico: renayarac@gmail.com, fpeixoto10ufc@gmail.com, itabaracicavalcante@gmail.com.
- (2) Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, CEP: 60020-181. Endereço eletrônico: rntcosta@secrel.com.br, humbertosousa71@hotmail.com.
- (3) Pesquisador associado do Grupo de Estudo Hidrogeologia e Gestão Hidroambiental/DEGEO/UFC. Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, bloco 912, Fortaleza-Ceará, CEP: 60020-181. Endereço eletrônico: rafaelmota20@yahoo.com.br.

Introdução
Caracterização da área de estudos
Materiais e métodos
 Cadastro dos poços
 Cálculo das reservas
Resultados e discussão
Conclusões
Referências

RESUMO - As águas subterrâneas são fontes estratégicas para aumento da oferta hídrica e a diminuição dos vazios hídricos. Através do estudo de um trecho do Aquífero Aluvionar do Rio Curu, buscou-se caracterizar as reservas hídricas subterrâneas para auxílio no gerenciamento hídrico desta unidade hidrogeológica em regiões semiáridas. Foi feito o monitoramento dos níveis estáticos de 14 poços rasos durante o período de um ano (maio de 2014 a maio de 2015), correspondente a um período com precipitações abaixo da média histórica para esta região. Observou-se que mesmo com as baixas precipitações houve uma recarga significativa do Aquífero Aluvionar ao se comparar com a recarga dos reservatórios superficiais, sendo que as reservas hídricas da área de aluvião estudada teriam capacidade de suprir 25% da demanda hídrica anual de irrigação de todo o perímetro irrigado no trecho em consideração. Concluiu-se, ainda, que para regiões semiáridas é imprescindível o monitoramento do nível freático e o cálculo de reservas, principalmente, após cada quadra chuvosa, realizando então o planejamento e a outorga do volume que deverá ser explorado do aquífero, sem comprometer sua função ambiental.

Palavras-chaves: Oferta hídrica; semiárido; água aluvionar.

ABSTRACT - Groundwater are strategic sources to improve water supply and to decrease water empty areas. Through the study of an Alluvial Aquifer stretch of the River Curu, we sought to characterize the groundwater reserves to aid in water management of this hydrogeological unit in semiarid regions. Monitoring of water table of 14 shallow wells was performed during the period of one year (May 2014 to May 2015), corresponding to a period of rainfall below the historical average amount for this area. It was observed that even with low levels of precipitation, there was a significant refilling of the alluvial aquifer compared to the recharging of surface reservoirs, once water reserves of the alluvial studied area have the capacity to supply 25% of the annual water demand for irrigation of the entire irrigated perimeter. It was also concluded that for semi-arid regions it is essential to monitor the water level and to calculate the reserves capacity, especially, after each rainy season, performing then the planning and the volume conferment to be exploited from the aquifer, without compromising its environmental function.

Keywords: water offer; semiarid; alluvial water.

INTRODUÇÃO

Nos aspectos fisiográficos do semiárido cearense há predominância de mais de 70% de litologia cristalina. Esse tipo de litologia possui baixa vocação hidrogeológica. O manto de intemperismo de pequena espessura, média de 0,5 m, e a baixa disponibilidade hídrica resultam em vazões médias de $3,0 \text{ m}^3\text{h}^{-1}$ (COSTA, 1998). Tais condições favoreceram as ações em termos de gerenciamento da oferta hídrica voltados para obras de reservatórios superficiais em todo o Estado do Ceará (CAVALCANTE, 1998).

No entanto, por conta das condições hidroclimáticas naturais do semiárido

nordestino, a eficiência dos reservatórios superficiais é extremamente baixa em consequência das altas taxas de evaporação. Vieira (1994) afirma que "... a disponibilidade efetiva oriunda desses reservatórios é de cerca de 1/5 de sua capacidade de acumulação". Ademais, as condições de irregularidade anual das chuvas e secas correspondem a um risco anual de 20% e intervalo de recorrência de 11 anos (VIEIRA, 1994). Em contraponto, a ocorrência de água subterrânea no cristalino fica comprometida pela baixa qualidade das águas e pelas vazões dos poços.

A prioridade do aumento da oferta hídrica através da açudagem ocorre em detrimento das ações de oferta das reservas hídricas subterrâneas. Sabe-se, no entanto, que existem inúmeras vantagens do uso das águas subterrâneas para a irrigação: usualmente constituem-se em fontes pontuais por meio de poços; pode ser rapidamente fomentada com baixo custo de capital, permitindo o investimento individual privado; há disponibilidade, conforme a demanda direta da necessidade da cultura, e é uma alternativa à distribuição linear da água, permitindo a democratização do acesso (GWP, 2012).

Com a implantação da Política Estadual dos Recursos Hídricos do Ceará, os instrumentos previstos para o controle do aumento da oferta foram voltados para águas superficiais. Peixoto et al. (2015) observaram que o volume de outorga da água subterrânea na Bacia Hidrográfica do Rio Curu é de $1,24 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$, correspondente a apenas 0,49% do volume de águas outorgadas na bacia. Ou seja, mais de 99% do volume de água outorgado correspondem às águas superficiais.

Tal fato deve-se ao pequeno conhecimento das potencialidades hídricas subterrâneas e a conseqüente não inserção desse recurso no gerenciamento dos recursos hídricos, realizado de forma não integrada. Os aluviões correspondem a aquíferos com reservas estratégicas dentro do ambiente semiárido nordestino. Tem-se utilizado métodos variados

de quantificação de reservas em aluviões. Albuquerque et al. (2015); Grinevsky et al. (2009) e Neupane & Shrestha (2009) quantificaram as reservas hídricas subterrâneas por meio do método de variação do nível estático, sendo que os aquíferos aluvionares são frequentemente classificados como livres ou semiconfinados; também se utiliza a método do balanço hídrico climático em alguns trabalhos como Munévar & Mariño (1999) e de Melo et al. (2014). O principal componente a se avaliar nesse caso é a pluviometria, a qual se mostra como a principal fonte de recarga para aluviões no ambiente semiárido.

Buscou-se caracterizar as reservas hídricas subterrâneas de um trecho do Aquífero Aluvionar do Rio Curu, tendo em vista a disposição geográfica estratégica desse sistema aquífero, não só com relação ao Perímetro Irrigado Curu Pentecoste (PICP). A caracterização das reservas hídricas subterrâneas é de grande importância para o gerenciamento hídrico do PICP e de unidades hidrogeológicas de aluviões em áreas semiáridas, tendo em vista a condição hídrica estratégica dos aluviões em um cenário de constante escassez de água. Assim, é reconhecida a potencialidade hídrica subterrânea como fator de desenvolvimento sócio econômico da região, fomento da sustentabilidade hídrica e gerenciamento integrado dos recursos hídricos.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada em unidade hidrogeológica aluvião (Q_{2a}), utilizada como uma das fontes de abastecimento hídrico do Perímetro Irrigado Curu Pentecoste - PICP, componente da Bacia Hidrográfica do Rio Curu (Figura 1). Predomina o sistema de irrigação por sulcos, com água conduzida em canais e distribuída nas parcelas irrigadas através de sulcos retos e abertos ao final. O PICP situa-se no Estado do Ceará, no Vale do Rio Curu, possui uma área de $50,2 \text{ km}^2$ abrangendo parte dos municípios de Pentecoste e São Luís do Curu, áreas consideradas de influência econômica do perímetro, sendo delimitado pelas coordenadas *Universal Transversa de Mercator* 9573006 a 9593222

Sul e 473955 a 459824 Oeste, Zona 24M (fuso 24, faixa M), altitude 150 m, distante 80 km de Fortaleza, capital do Ceará.

O PICP está assentado sobre os sedimentos aluviais do Rio Curu. Em geral, os poços tubulares rasos possuem uma vazão maior que $11 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, chegando a superar este valor em sua maioria, dependendo da espessura saturada no ponto em que o poço esteja localizado. A Bacia do Rio Curu se destaca no Estado pela implantação de ações que objetivaram instrumentalizar a gestão dos recursos hídricos como o Plano Diretor da Bacia – 1995; cadastramento dos Usuários de Água – 1996; estudos sobre cobrança pelo uso da água bruta – 1998 (SILVA, 2015); criação do primeiro

Comitê de Bacias Hidrográficas do Estado (1992), constituído de fato em 1997 (CEARÁ, 2015), além da construção de perímetros irrigados na década de 1970, o qual permitiu destaque no setor da agricultura irrigada. A maior demanda é de 82.879.000 m³ ano⁻¹ para o

atendimento aos perímetros irrigados públicos federais (4.425 ha) e irrigação privada (538 ha). A atividade de agricultura irrigada exerce um importante papel socioeconômico na Bacia do Rio Curu, representando 83% da demanda hídrica da bacia (CEARÁ, 2009).

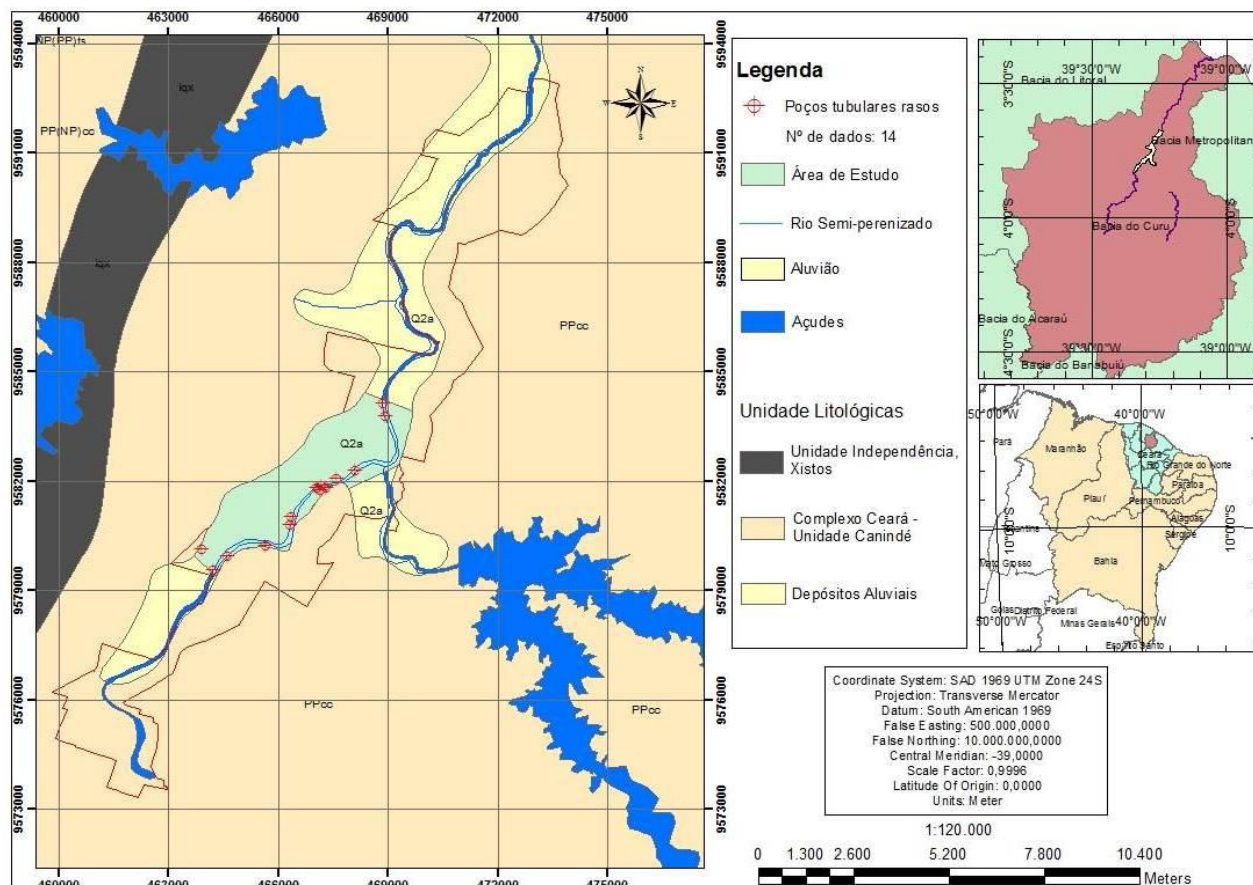


Figura 1. Mapa de localização do Perímetro Irrigado Curu Pentecoste, Ceará.

MATERIAIS E MÉTODOS

Cadastro dos poços

Na área de estudo, com dimensões de 10,9x10⁶ m², obtiveram-se informações prévias sobre os poços existentes junto à Secretaria de Agricultura do Município de Pentecoste que disponibilizou dados da localização geográfica dos poços, profundidade, perfil litológico e proprietário. Após tratamento primário, na etapa de campo os referidos poços foram localizados “in situ” e georreferenciados pelo sistema “GPS geodésico” com frequência (L1, L2) e precisão de um erro máximo de 5 mm (Figura 2).

Foram localizados 15 poços tubulares, caracterizados como poços rasos, tendo como referência profundidades menores que 20 metros, segundo o Decreto Estadual nº

31.007/12 que classifica como rasos os poços com profundidades até 20m. Foram realizadas medições dos níveis estáticos e profundidades dos mesmos em dezembro de 2013 e após, realizaram-se mais oito medições do nível estático compreendendo os períodos seco e chuvoso (Figura 3).

Cálculos das reservas

A reserva reguladora ou renovável (R_r) é o volume de água que participa do ciclo hidrológico anual, obedecendo as flutuações sazonais do nível freático e calculada através de um balanço entre a recarga anual do aquífero e suas perdas de volume naturais ou induzidas. É calculada em função da variação sazonal do nível freático que é medido a partir do

monitoramento do nível estático dos poços. No cálculo utilizou-se a Equação 1:

$$Rr = A \times \Delta h \times \eta_e$$

(Equação 1)

Sendo: Rr: Reserva renovável ($m^3 \text{ ano}^{-1}$); A: Área de ocorrência do aquífero (m^2); Δh : Espessura saturada anual variável (m); η_e : Porosidade efetiva (adimensional).



Figura 2. Georreferenciamento de poço no Aquífero Aluvionar, PICP - CE.

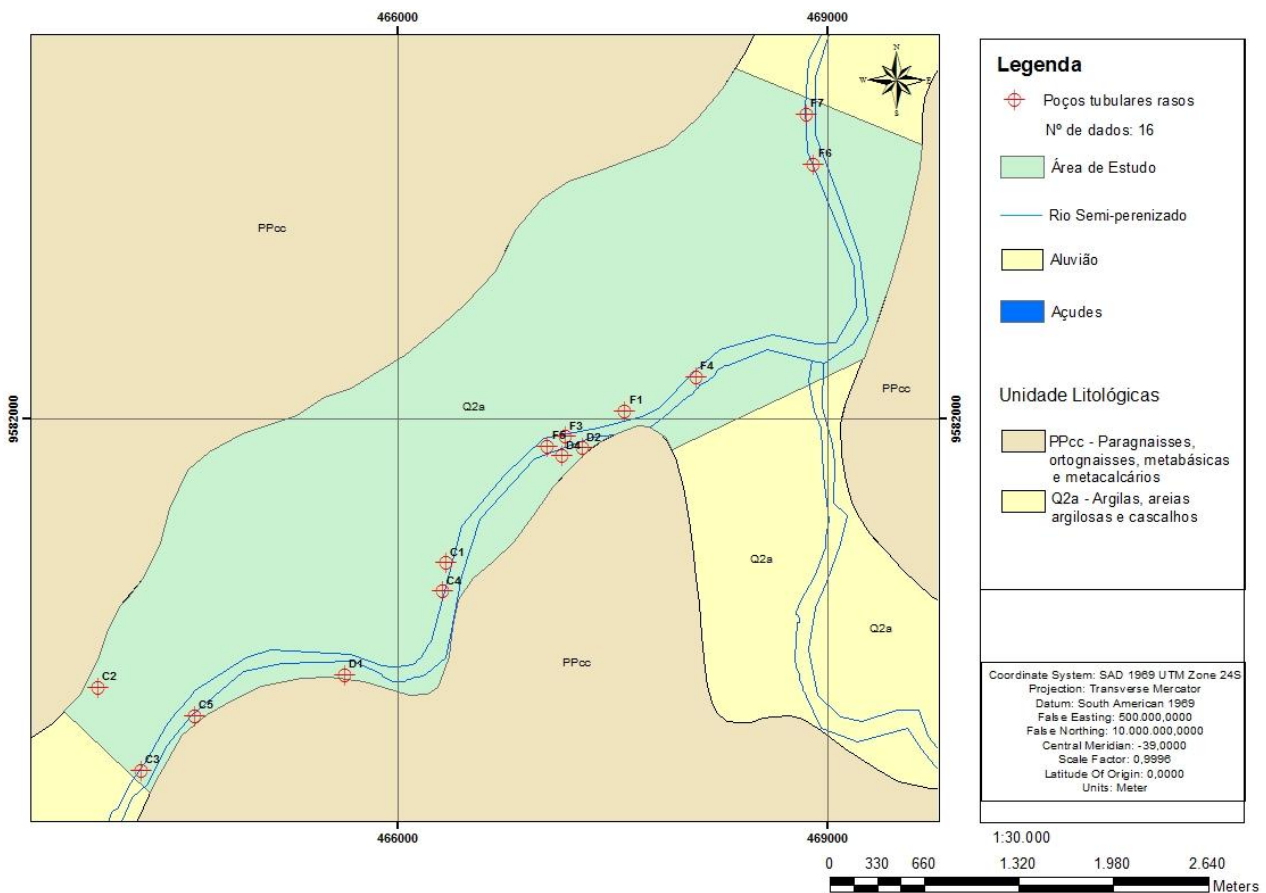


Figura 3. Localização dos poços na área de estudo

Estimaram-se as reservas renováveis a partir do monitoramento de 14 poços, cujo valor de 1,2m correspondeu à variação do nível estático sazonal com base nas medições de 27/01/2015, último mês antes da quadra chuvosa, e 21/05/2015, último mês da quadra chuvosa, quando se observou a maior recarga. Moura (2014), em estudo realizado no município de Pecém-Ceará, observou uma variação do nível estático de 1,3m, portanto hidráulicamente semelhante às condições de aluviões no PICP. Costa (1998), analisando os meios aluvionares do Estado de Pernambuco, mensurou o valor de 1,0 m de espessura variável (Δh), quando não conhecido tal parâmetro. A Funceme (2007) realizou estimativa para aluviões do semiárido cearense, cujos rios de 4ª e 5ª ordem segundo classificação de Strahler (1957), possuem armazenamento hídrico mais expressivo, com valores de 1,60 e 2,42 metros, respectivamente, de espessura saturada anual variável. A porosidade efetiva (η_e) média foi calculada por Silveira (2014) com base em testes de bombeamento, obtendo-se o valor de 17%.

A reserva permanente (R_p) é a quantidade de água que participa do ciclo hidrológico em uma escala de tempo maior que a interanual, se constituindo especialmente como reserva estratégica para anos atípicos. Corresponde ao volume de água armazenada no aquífero abaixo da superfície de variação periódica dos níveis de água, ou seja, o nível máximo da superfície piezométrica definida a partir da zona saturada em aquífero livre (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2008). No estudo foi utilizado a Equação 2 para cálculo das reservas permanentes do aquífero aluvionar:

$$R_p = A \times b \times \eta_e$$

(Equação 2)

Sendo: R_p : reserva permanente (m^3); A : área de ocorrência do sistema aquífero (m^2); b : espessura média saturada (m); η_e : porosidade efetiva (adimensional).

Considerando que no período 2012 - 2015 não houve recarga significativa do Aquífero Aluvionar em estudo e tendo em vista ainda o nível usual para anos normais em termos climatológicos, utilizou-se como espessura saturada o valor de 3,13m, medida realizada no último mês antes da quadra chuvosa

(27/01/2015). Ressalte-se que, de acordo com o perfil litológico de alguns poços, existe uma camada impermeável (argilosa) de 1,0m de espessura, cuja capacidade de armazenamento é quase nula. Desta forma, nos cálculos das reservas permanentes subtraiu-se referida espessura, utilizando-se, portanto no cálculo o valor de 2,13m.

Ao dimensionar as reservas permanentes e renováveis, considera-se para o processo de planejamento e gestão dos recursos hídricos de maneira integrada a caracterização da renovabilidade das reservas. Assim, tal conceito está ligado à escala de tempo de permanência da água em um reservatório de um dado sistema, sendo que a compatibilidade dessa escala de tempo com a escala de tempo humana ou de seus projetos compreendendo a renovabilidade do recurso (REBOUÇAS, 1994). Nesse viés coloca-se que as reservas exploráveis são aquelas que, quando retiradas, não comprometem o sistema aquífero e o meio ambiente.

Entende-se que a compreensão do comprometimento do sistema aquífero esteja associada ao prejuízo socioeconômico decorrente de danos ambientais. Assim, os recursos exploráveis são de grande importância para o planejamento socioeconômico de uma dada região, sendo um fator de desenvolvimento social. Cavalcante (1998, p. 72) ao calcular esses recursos para a Região Metropolitana de Fortaleza, considera que a disponibilidade potencial (recursos exploráveis) é representada pela reserva renovável acrescida de uma parcela da permanente, calculada em função das variáveis de decisão, sendo na prática corresponde a 1/3 das reservas totais.

No entanto, devido às peculiaridades dos aluviões, Costa (1998) define que as reservas exploráveis em aluvião devem ser calculadas pela Equação 3:

$$R_e = A \times b \times \eta_e \times 0,06$$

(Equação 3)

Sendo: R_e : Recurso explorável ($m^3 \text{ ano}^{-1}$); A : Área de ocorrência aluvionar (m^2); b : Espessura saturada do aquífero (m); η_e : Porosidade efetiva (adimensional); 0,06: Fator de aproveitamento.

O fator de aproveitamento corresponde à reserva que é evapotranspirada pela

transferência para o fluxo fluvial através do fluxo de base e pela transpiração da vegetação, além do fluxo laminar no sistema hidrogeológico. Contudo, para as condições de um aluvião, Costa (1998) sugere que não é necessária a manutenção de 1/3 das reservas

totais, considerando que as perdas hídricas da evapotranspiração e do escoamento subsuperficial e subterrâneo em direção à jusante do aquífero, provocaria perdas hídricas na secção onde se deseja mensurar a reserva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos últimos anos (2012-2015) tem se verificado uma mudança no cenário do PICP, assim como nas demais áreas agrícolas desta bacia hidrográfica, decorrente da baixa recarga pluviométrica.

Os principais açudes da bacia (Pereira de Miranda e General Sampaio) não resistiram à elevada taxa de evaporação e à demanda dos recursos hídricos, apresentando como consequência volumes de água da ordem de 3 a 4% de suas capacidades máximas de armazenamento durante o período da pesquisa (COGERH, 2015), acarretando assim a suspensão da liberação de água para os canais de irrigação e proibição do uso de qualquer fonte de água superficial para fim de irrigação a partir de junho de 2014 (CEARÁ, 2014).

Em virtude do colapso na disponibilidade de água de superfície, vislumbrou-se naturalmente como fonte alternativa de água para irrigação, a oriunda de poços rasos tubulares nos aluviões. Conforme Burte et al. (2011), as aluviões são considerados como reservas estratégicas de recursos hídricos para irrigação e desenvolvimento de regiões no semiárido nordestino.

De acordo com o último estudo de levantamento de áreas cultivadas, referente ao ano agrícola de 2010, havia no PICP um total de 615,70 ha de área irrigada, sendo 73,7% com frutíferas, e 26,3% com grãos, pastagens e cana de açúcar (DNOCS, 2011).

Na Tabela 1 são apresentados os valores correspondentes aos níveis estáticos dos poços durante o período da pesquisa, os quais revelaram que em 2014 após a quadra chuvosa, ocorrera depleção destes níveis à exceção do poço F6 que praticamente se manteve constante. Nos meses de monitoramento que se sucederam observou-se a contínua queda dos níveis estáticos nos respectivos poços até o período anterior ao mês de março/2015. A estiagem proporcionou uma redução na

espessura saturada de até 3,0 metros, considerando o período desde o início do monitoramento (04/12/2013). De março a maio de 2015, houve recarga significativa, constando um aumento do nível estático de até 2,8 metros (Poço C2) e conseqüentemente, aumento da espessura saturada sendo, no entanto, não suficiente para retornar aos níveis estáticos medidos no mesmo mês de 2014. Salienta-se que neste mesmo período, a recarga proveniente da chuva praticamente não alterou os níveis dos reservatórios superficiais.

Observa-se a oscilação do nível estático de dois poços representativos (Poços C3 e D4) associada à recarga pluviométrica durante os meses de monitoramento. Os eventos de chuva proporcionaram um considerável aumento da superfície piezométrica e certamente no volume de reserva (Figura 4). Portanto, a infiltração da água proveniente das chuvas, é a fonte principal de recarga do aquífero, estando de acordo com resultados de Grinevsky et al.(2009); Neupane e Shrestha (2009), Andrade et al. (2014) e Albuquerque et al. (2015). Contudo, apesar de uma porosidade efetiva favorável, observa-se que a recarga se dá de forma lenta, conforme se constata nos meses de março e abril de 2015, decorrente, sobretudo das perdas por escoamento superficial, das taxas de evapotranspiração e da exploração de água de poços e cacimbas.

As reservas de água subterrânea foram dimensionadas considerando as peculiaridades que torna o sistema hidrogeológico aluvionar diferenciado em termos de comportamento com relação às reservas de outros aquíferos. Assim, foi estimada uma reserva renovável (Rr) da ordem de $2,2 \times 10^6$ m³ e a reserva permanente (Rp) de $3,9 \times 10^6$ m³, a reserva explotável foi calculada em $3,7 \times 10^6$ m³ ano⁻¹, a qual corresponde ao volume de água que pode ser retirado do aquífero sem comprometer a sustentabilidade hídrica deste.

Tabela 1. Monitoramento do nível estático dos poços rasos no Aquífero Aluvionar PICP-CE.

Poço*	Nível estático (m)								
	Dez 2013	Mai 2014	Jul 2014	Out 2014	Nov 2014	Jan 2015	Mar 2015	Abr 2015	Mai 2015
C1	2,58	2,92	3,09	3,97	4,2	4,52	4,69	3,58	3,44
C2	1,06	2,49	2,68	3,39	3,63	4,73	4,22	0,66	1,4
C3	2,4	2,61	2,75	3,56	3,75	3,99	3,99	2,05	2,94
C4	1,73	2,77	3,06	4,10	4,32	4,59	4,59	2,48	2,98
C5	2,78	2,86	3,05	-	4,03	3,57	4,41	2,79	3,46
D1	4,05	4,05	4,3	5,61	5,81	6,04	6,05	3,94	4,42
D2	2,7	2,8	3,2	-	4,5	4,81	4,59	2,56	3,21
D3	3,82	3,91	4,13	5,42	Seco	Seco	Seco	3,56	4,15
D4	2,84	2,86	3,35	4,54	4,67	4,95	4,81	2,67	3,29
F1	3,78	3,79	4,02	4,96	5,13	5,49	4,88	3,38	4,00
F3	3,05	3,17	3,55	4,70	4,84	5,08	5,7	3,08	3,65
F4	3,56	3,49	3,72	4,68	-	4,72	4,85	3,12	3,66
F5	0,39	0,86	1,07	2,15	2,36	2,74	2,81	1,92	2,04
F6	3,04	3,67	3,64	4,91	5,19	5,64	5,62	4,27	4,52
F7	2,29	2,6	2,70	3,65	3,78	3,95	3,96	2,09	2,8

Obs:- Sem dados; *poços nomeados de acordo com o núcleo de localização.

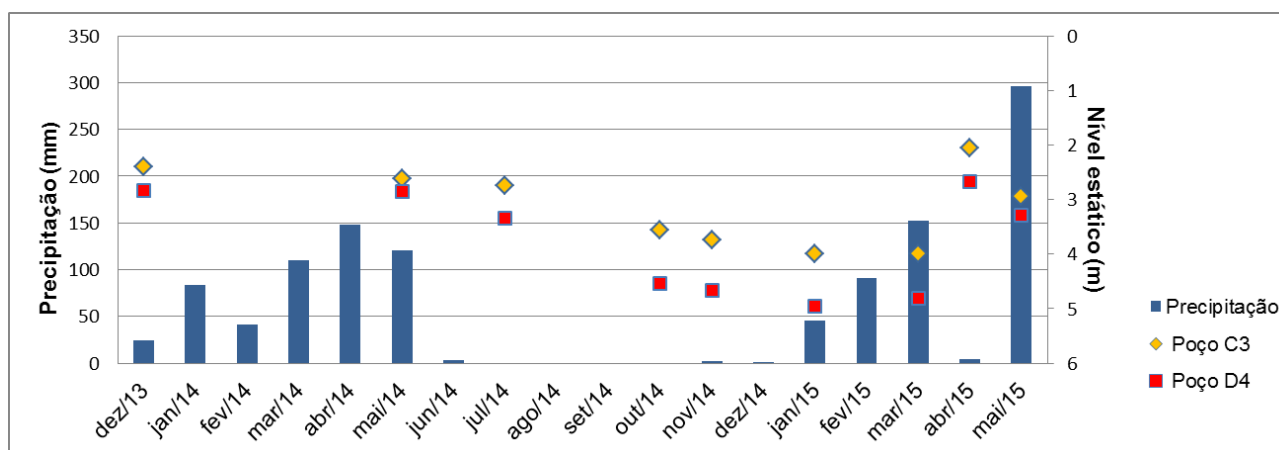


Figura 4. Monitoramento do nível estático dos poços rasos no Aquífero Aluvionar PICP- CE (Período de Dezembro/2013 a Maio/2015).

A irregularidade pluviométrica influencia as reservas subterrâneas, tanto pela sua susceptibilidade natural a variações sazonais hidroclimáticas, como pelo aumento da demanda de água subterrânea, frente à crise de abastecimento. Tal situação de escassez resultou no colapso dos sistemas de abastecimento proveniente das reservas hídricas superficiais, resultado de cinco anos (2011 a 2015) de chuvas abaixo da média.

Contudo, a reserva hídrica do aluvião supre cerca de 25% da demanda hídrica para o perímetro irrigado (Figura 5). Esta reserva corresponde a reserva explotável calculada para a área de estudo que é de 10,9km², equivalendo a 21,9% da área total do perímetro que por sua vez corresponde à 50,2km². A demanda bruta para irrigação no perímetro irrigado é de 14,9 x

10⁶ m³ ano⁻¹, valor este referente à área efetivamente implantada (Brasil, 2010).

O recurso hídrico, no entanto, não vem sendo gerido de maneira adequada, e ademais considere a existência de centenas de cacimbas no leito do Rio Curu para captação direta da água subterrânea (Figura 6). Cabe ainda destacar que os poços monitorados nesta pesquisa não possuem outorga emitida pela Cogerh (Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará), tendo sido implantados no ano de 2002 em caráter emergencial e sem a devida atenção das instituições públicas responsáveis.

As águas meteóricas são as principais fontes de recarga para o aquífero estudado. Assim, a incerta renovabilidade hídrica causada pela irregularidade pluviométrica, justifica a

necessidade de um uso mais consciente das reservas hídricas remanescentes.

A avaliação do comportamento hídrico do aquífero aluvionar em anos de seca possibilita compreender melhor tal dinâmica, proporcionando a inserção efetiva dos recursos

hídricos subterrâneos dentro de uma política de segurança e convivência com a seca, especialmente no semiárido cearense, onde a falta de conhecimento das reservas hídricas e parâmetros hidrogeológicos dificulta uma gestão integrada dos recursos hídricos.

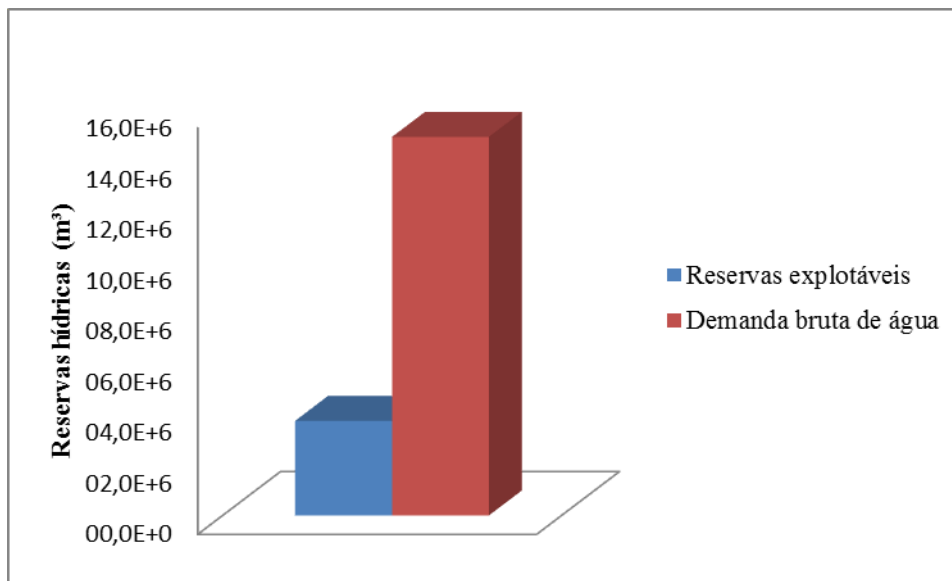


Figura 5. Demanda de água para irrigação no PICP – CE e oferta da área de estudo.



Figura 6. Bombeamento de água na escavação no leito do Rio Curu, Pentecoste- CE

CONCLUSÕES

O Aquífero Aluvionar se mostrou susceptível às condições climáticas, pois a principal fonte de recarga deste é a precipitação pluviométrica. Desse modo, a definição de reservas hídricas anuais de maneira genérica, torna-se inviável no contexto do semiárido. Deve-se, contudo, realizar o monitoramento constante para a definição das reservas,

principalmente após cada quadra chuvosa, que ocorre de março a junho, realizando então o planejamento e a outorga do volume de água que deverá ser explorado do aquífero, sem comprometer sua função ambiental.

Considerando os dados de demanda e de áreas irrigadas, fornecidos pelo Dnocs, as reservas exploráveis deste aquífero teriam

potencial para irrigar uma área de 154 hectares/ano, correspondente a 25% da área irrigada no perímetro. Considera-se, portanto, que é necessária a inserção das águas

subterrâneas do aquífero aluvionar nas decisões e implantações dos instrumentos legais para a efetiva gestão integrada dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

1. ALBUQUERQUE, C. G.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; MONTENEGRO, A. A. A.; FONTES JUNIOR, R. V. P. Recarga de Aquífero Aluvial sobre Uso Agrícola. *Águas Subterrâneas* v. 1, n. 29. p. 60 – 71. 2015.
2. ANDRADE, T. S.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; MONTENEGRO, A. A. DE A.; RODRIGUES D. F. B. Estimation of alluvial recharge in the semiarid. *Eng. Agríc., Jaboticabal*, v.34, n.2, p.211-221, 2014.
3. BRASIL, Plano de Operação e Manutenção do Perímetro Irrigado Curu-Pentecoste, Dnocs – Departamento nacional de Obras Contra as Secas, 2010.
4. BURTE, J. D. P.; COUDRAIN, A.; MARLET, S. Use of water from small alluvial aquifers for irrigation in semi-arid regions. *Revista Ciência Agronômica*, Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceara, Fortaleza, v. 42, n. 3, p. 635-643, jul-set, 2011
5. CAVALCANTE, I.N. Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada de Recursos Hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará. 153f. Tese (Doutorado em Hidrogeologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1998.
6. CAVALCANTE, I. N. & GOMES, M. C. R. As águas subterrâneas no Ceará: Ocorrência e Potencialidades. In: Cleyber Nascimento de Medeiros, C. N.; GOMES, D. D. M. ALBUQUERQUE, E. L. S.; CRUZ, M. L. B. (Org's) Os Recursos Hídricos do Ceará: Integração, Gestão e Potencialidades. Fortaleza: IPECE, 268 p., 2011.
7. CEARÁ. Assembleia Legislativa. Caderno regional da Bacia do Curu / Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos, Assembleia Legislativa do Estado do Ceará; Eudoro Walter de Santana (Coordenador). – Fortaleza: INESP, 2009.
8. CEARÁ. Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Curu. 49ª Reunião da Ordinária do CBH-CURU. Ata, 2014
9. CEARÁ. Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Curu. 2015. Disponível em:
10. <http://www.cbhcuru.com.br/institucional/historico/>. Acesso em: 02 de abril de 2015.
11. CEARÁ. Decreto nº 31.077 de dezembro de 2012 que regulamenta a lei nº14.844 de 28 de dezembro de 2010, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, no que diz respeito à conservação e à proteção das águas subterrâneas no Estado do Ceará, e dá outras providências. Fortaleza. Disponível em: <<http://portal.cogerh.com.br/legislacao-estadual/category/319-2012>> acesso em 09/10/15.
12. COGERH - COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS. 2015b Disponível em: <http://www.hidro.ce.gov.br/> Acesso em: 06 de abril de 2015.
13. COSTA, W. D. Avaliação de Reservas, Potencialidade e Disponibilidade de Aquífero. X Congresso Brasileiro de Água Subterrânea, anais.. 1998.
14. DNOCS – DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS, Síntese Informativa dos Perímetros Irrigados, Fortaleza, 2011.
15. FEITOSA, E. C.; MANOEL FILHO, J.; COSTA, W. D.; FEITOSA, F. A. C.; DEMETRIO, J. G. A.; FRANÇA, H. P. M. Avaliação de Recursos Hídricos Subterrâneos. In: HIDROGEOLOGIA – Conceitos e Aplicações CPRM. 3. Ed. 2008, p. 161 – 171.
16. FUNCEME, FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA. Mapeamento e Potencial Hídrico Subterrâneo dos Aluviões em Zona Semiárida Utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto e SIG. Relatório Final. Fortaleza: Governo do Estado do Ceará. 2007.
17. GRINEVSKY, S. O.; PREOBRAZHENS KAYA, A. E.; YURCHENKO, S. A. Evaluation of Groundwater Reserves Within the Samur – Gyul'gerichai Alluvial – Piemont Plain (South Dagestan). V. 64 n. 4. Moscow University Geology Bulletin. Moscow, 2009. p. 44 – 54.
18. GWP – Global Water Partnership. Groundwater resource and irrigated agriculture: making a beneficial relation more sustainable. Estocolmo: GWP Secretariat, 2012.
19. MELO, J. G.; ALVES, R. S.; SILVA, J. G. v.2, n. 28. Estimativa de recarga das Águas Subterrâneas do sistema aquífero Barreiras na Bacia do Rio Pirangi/RN. *Águas Subterrâneas: ABAS*, 2014. p. 68 – 81.
20. MOURA, P. Vulnerabilidade de Aquíferos: Uso dos Métodos Drastic e God. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Departamento de Geologia – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza 2014.
21. MUNÉVAR, A & MARIÑO, M. A. Modeling Analysis of Ground Water Recharge Potencial on Alluvial Fans Using Limited Data. V. 37, n. 5. *Ground Water*. 1999. p. 640-669.
22. NEUPANE, R. SHRESTHA, S. D. Hidrogeologic Assessment and Groundwater reserve evaluation in northwestern parts of Dun valley aquifers of Chitwan, Inner Terai. v. 12,. *Bulletin of the Geology, Tribhuvan University, Nepal*. 2009, p. 43 – 54.
23. PEIXOTO, F. S.; CÂMARA, R. N. S.; CAVALCANTE, I. N. PINTO, M. S. Contribuições para gestão dos recursos hídricos subterrâneos na Bacia do rio Curú. II Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido. Anais. 2015.
24. REBOUÇAS, A. C. Gestão sustentável dos grandes aquíferos. VIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Anais. Recife 1994. p. 130 – 138.
25. SILVA, U. P. A., Histórico de Formação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Curu. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará, 2015. Disponível em:

<http://portal.cogerh.com.br/eixos-de-atuacao>. Acesso em: 07 de abril de 2015.

26. SILVEIRA, R. N. C. M., Aquífero Aluvionar Como Suporte à Irrigação na Bacia Hidrográfica do Rio Curu, Ceará. Dissertação (Mestrado em Eng. Agrícola)- Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza 2014.

27. SRH - SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS, coordenadoria de Gestão dos Recursos Hídricos. Outorga e Licença de Obras Hídricas; Manual de procedimentos. Fortaleza, 2008.

28. STHRALER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Trans. American Geophysical Union, 38: 913-920, 1957.

29. VIEIRA, V. P. P. B. . Desenvolvimento Sustentável e Gestão de Recursos Hídricos no Nordeste Semi-Árido. In: II Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste - ABRH/CE, Fortaleza, 1994.

Manuscrito recebido em: 16 de Março de 2016

Revisado e Aceito em: 05 de Setembro de 2016