



XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

ESTUDO DA DISPONIBILIDADE HIDRÍCA FUTURA E DAS DEMANDAS DE ÁGUA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE CAMPINA GRANDE/PB

*Luísa Eduarda Lucena de Medeiros¹; Elis Gean Rocha¹, Daniel Rodrigo Reis Galisa¹ & Andrea
Carla Lima Rodrigues¹*

RESUMO – Os recursos naturais, de um modo geral, são indispensáveis para a sobrevivência humana e o desenvolvimento das civilizações. Em contrapartida, a escassez desses recursos pode se tornar um fator determinante no atraso econômico e social de uma determinada população. Num contexto mais específico, o presente trabalho abordará fatores relacionados à escassez da água no município de Campina Grande, e conseqüentemente, no manancial que a abastece, o Açude Epitácio Pessoa. Para tal, foi realizada uma caracterização da situação hídrica do município, onde foram levantadas informações ligadas ao volume, vazão regularizável, pluviometria e localização do manancial. Em um segundo momento, foram estudados cenários futuros, baseados em estimativas populacionais e de demanda de água que servirão para prever a situação hídrica do município num horizonte temporal de 20 anos. A partir da análise comparativa de oferta e demanda tornou-se possível diagnosticar, previamente, a falta de água no sistema, assim como um possível colapso do manancial. Pretende-se, desta forma, alertar as autoridades competentes sobre os cenários atual e futuro, de modo que sejam realizadas medidas preventivas para evitar que o sistema entre em colapso, comprometendo tanto o abastecimento humano quanto o desenvolvimento econômico da região.

ABSTRACT– Natural resources are, in a general way, essentials to human survival and development of its civilizations. On the other hand, the scarcity of these resources can be a determinant factor on economic and social backwardness of a given population. In a more specific context, this paper will address factors related to water scarcity in Campina Grande, and consequently in the spring that supplies, the Epitácio Pessoa Weir. For such was done a characterization of the water situation of the county, where information related to the volume were raised, and regulable flow, rainfall and location of the weir. On a second step, some future scenarios were studied, based on population estimates and demand of water, that served to predict the water

1) Universidade Federal de Campina Grande, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande-PB, 83 2101.1154,
lu.mdeiros@hotmail.com / elisgean@hotmail.com / danielgalisa@gmail.com / acarlalima@yahoo.com.br

situation in the city, a time horizon of 20 years. From the comparative analysis of supply and demand, became possible to diagnose previously the lack of water in the system as well as a possible collapse of the weir. It is intended, with this way, to alert the relevant authorities about the current and future situation, so that preventive measures can be taken to prevent the system from collapsing, affecting both human consumption and the economic development of the region.

Palavras-Chave – Abastecimento de água, escassez hídrica, oferta x demanda.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da espécie humana sempre esteve atrelado à disponibilidade de recursos hídricos. Ao longo da história, o homem desenvolveu técnicas que controlavam cursos fluviais de modo a armazenar seu conteúdo. Grandes civilizações tiveram seu surgimento e crescimento facilitado, em grande parte, pela abundância desse recurso, uma vez que este era a base fundamental para o desenvolvimento de atividades importantes como agricultura e comércio.

Fica evidente que a escassez de água é um fator, muitas vezes, preponderante para impedir o crescimento socioeconômico de uma comunidade. A qualidade da água destinada ao consumo humano é também um fator de sumária importância, na medida em que proporciona considerável melhoria na saúde e nas condições de vida da sociedade como um todo. Neste âmbito, a escolha dos mananciais superficiais para consumo humano está condicionada ao enquadramento previsto pela Resolução CONAMA nº357/05 que se baseia não apenas no estado atual do corpo hídrico, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade.

Atualmente, o que se constata, não apenas em regiões áridas, é que a disponibilidade dos recursos hídricos tem diminuído consideravelmente a cada ano. Fatores naturais como a redução de índices pluviométricos em anos secos somados às ações antrópicas, tais como desperdício, poluição da água e gestão inadequada agravam o quadro crítico dos mananciais. O processo de urbanização também contribui para o agravamento da situação, pois possibilita o aumento populacional dos centros urbanos de médio e grande porte e, conseqüentemente, um aumento da demanda por água de qualidade.

O presente trabalho analisa a escassez dos recursos hídricos ao prever cenários futuros no contexto do município de Campina Grande-PB e de seu manancial, o Açude Epitácio Pessoa. Projeções de crescimento populacional e de demanda, além da disponibilidade de recursos do manancial servirão para embasar o estudo, proporcionando uma melhor visualização da questão oferta x demanda do sistema a médio e longo prazos.

2 A DISPONIBILIDADE DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO EM REGIÕES COM ESCASSEZ HÍDRICA

Na região semiárida do Brasil, devido à intermitência dos corpos-d'água superficiais, a principal fonte de abastecimento de água tem sido os reservatórios (açudes) construídos em grande escala pelos governos, a partir da segunda metade do século XX.

Segundo Tucci et al. (2003), ao analisar as condições atuais de disponibilidade x demanda, na maior parcela do território brasileiro não existe déficit de recursos hídricos. No entanto, o mesmo não acontece em regiões semiáridas e onde o uso da água é intenso, como é o caso de cidades médias e regiões metropolitanas. Nestas locais, a falta de água pode limitar severamente o desenvolvimento, sendo a construção de reservatórios para acúmulo de água uma solução viável.

Andreoli et al. (2000) estudaram os limites do desenvolvimento da Região Metropolitana de Curitiba impostos pela escassez hídrica. Para tal, os autores compararam diferentes projeções de demanda, com cenários de disponibilidade hídrica, decorrentes de usos dados às bacias dos mananciais que abastecem a região.

No Estado da Paraíba a prática da açudagem representou uma importante saída para os problemas de insegurança hídrica. Em todas as bacias hidrográficas do estado foram construídos açudes, alguns considerados de grande capacidade de armazenamento.

No entanto, para atender ao abastecimento humano, considerado o uso mais nobre da água, o açude deve dispor de vazão suficiente e boa qualidade da água. Assim, medidas de controle devem ser tomadas tendo em vista à degradação sofrida pelos reservatórios devido a fatores como urbanização, erosão e assoreamento, atividades industriais, resíduos sólidos e agrícolas e esgotos domésticos. Além da vazão disponível e da qualidade, um processo de gestão eficiente dos conflitos pode garantir, em regiões com escassez hídrica, a disponibilidade de água dos reservatórios para atendimento as demandas a eles associadas.

3 ÁREA DE ESTUDO

3.1 Caracterização da bacia hidrográfica

A bacia hidrográfica do Rio Paraíba, com 20.071,83 km² de área localizada entre as latitudes 6°51'47'' e 8°18'12'' Sul e longitudes 34°47'37'' e 37°21'22'' Oeste de Greenwich, é a segunda maior bacia do estado da Paraíba abrangendo 34% de todo o território paraibano. Considerada uma das mais importantes bacias do semi-árido nordestino, por apresentar grande extensão geográfica e diversidades físicas e climáticas, a bacia do Rio Paraíba integra as mesorregiões da Borborema, Agreste e Litoral Paraibano, além das cidades de João Pessoa, capital do estado, e Campina Grande, segundo maior centro urbano do estado (PERH, 2004; CAMINHA,2014). A bacia está subdividida em quatro sub-bacias, sendo elas: sub-bacia do Rio Taperoá e Regiões do Alto, Médio e Baixo Curso do Rio Paraíba (Figura 1).

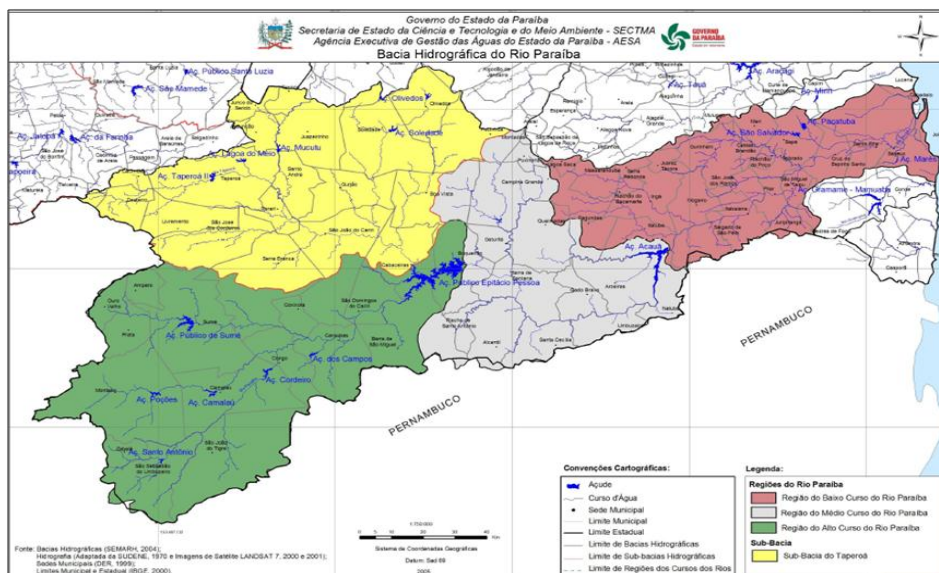


Figura 1 - Subdivisões da bacia hidrográfica do Rio Paraíba. (SEMARH, RN)

Os cinco principais açudes públicos da bacia do rio Paraíba são: Epitácio Pessoa, Sumé, Pelo Sinal, Poções e Camalaú. Destes, o maior é o Epitácio Pessoa, com 535.700.000 m³ e a bacia hidráulica atingindo 2.680 ha (DNOCS, 2005).

3.2 Caracterização do município

O município de Campina Grande está localizado na Região Geográfica da Borborema, na Mesorregião² do Agreste Paraibano e na Microrregião³ de Campina Grande (PEREIRA E MELO, 2008). Situa-se a 7° 13'11" de latitude Sul e a 35° 52'31" de longitude Oeste, possuindo uma área territorial de aproximadamente 621 km². No ano de 2010 a população total do município atingiu 385.213 habitantes. Deste total de habitantes, 367.209 (95,3%) viviam na zona urbana, enquanto apenas 18.004 (4,7%) habitantes permaneciam no campo (IBGE, 2010).

Segundo o IBGE, o Produto Interno Bruto a preços correntes da cidade em 2010 alcançou 4.336.824 reais (13,57% do PIB estadual), o que a torna a segunda maior economia do estado. Esse dado evidencia a importância econômica do município não só na Paraíba, como também no interior do Nordeste, onde a cidade apresenta o segundo maior PIB, ficando atrás apenas de Feira de Santana/BA.

3.3 Caracterização do Sistema de Abastecimento de água de Campina Grande

O manancial que abastece a cidade de Campina Grande é o açude Epitácio Pessoa, conhecido como Boqueirão, com capacidade atual de acumulação igual a 411.686.287 m³ e vazão regularizável de 1,23 m³/s (PERH,2006), para uma garantia de 100%. Está localizado na cidade de

² O estado da Paraíba é composto por quatro Mesorregiões: Mata Paraibana, Agreste Paraibano, Borborema e Sertão Paraibano

³ A Microrregião de Campina Grande é composta por oito municípios: Boa Vista, Campina Grande, Fagundes, Lagoa Seca, Massaranduba, Puxinanã, Queimadas e Serra Redonda.

Boqueirão, situada a aproximadamente 42 km de Campina Grande. Seu gerenciamento está sob a responsabilidade do Departamento Nacional de Obras contra a Seca (DNOCS, 2005). A Tabela 1 apresenta as principais características do açude Epitácio Pessoa.

Tabela 1 – Características do açude Epitácio Pessoa

CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS	
Capacidade Total	535.700.000 m ³
Localização	Boqueirão - PB
Rio Barrado	Paraíba
Área da Bacia Hidrográfica	12.410 km ²
Volume Morto	35.000.000 m ³
Pluviometria Média	661 mm
Deflúvio Bruto	138 x 110 m ³
Nível De Água Máximo	381.36 m

Fonte: DNOCS (2005)

O açude tem sido responsável pelo abastecimento de água dos municípios de Campina Grande, Queimadas, Barra de Santana, Caturité, Alagoa Nova, Lagoa Seca, São Sebastião de Lagoa de Roça, Matinhas e Pocinhos. Todos estes estão ligados ao sistema de abastecimento da Companhia de água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA). A captação da água para o Sistema de Abastecimento de Campina Grande (SACG) é realizada através da descarga de fundo da barragem. Toda a água é captada por meio de uma tubulação de aço, DN 1500. Tal tubulação se divide em outras duas: DN 1100 e DN 900, ambas em aço. A vazão de captação no manancial de Boqueirão é de 3.100 l/s.

Meneses (2011) através de dados extraídos da CAGEPA (2010) afirma que, no ano em análise, a média diária de consumo da população foi de 97.948,41 m³. Isso equivale a um consumo médio estimado de 1.133,66 l/s. A estimativa do consumo atual per capita de Campina Grande é de 200 l/hab/dia, no entanto, se as perdas que atualmente estão em torno de 40%, diminuíssem para 16%, este per capita poderia ficar em torno de 153 l/hab/dia (CAGEPA, 2014).

Os períodos de escassez hídrica observados nos últimos anos, associados aos elevados índices de evaporação da região, e gestão inadequada ocasionaram uma redução do volume acumulado no reservatório Epitácio Pessoa e conseqüentemente uma redução da disponibilidade de água para população do município de Campina Grande.

4 METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho fundamenta-se em estudos anteriores sobre a disponibilidade hídrica do manancial Epitácio Pessoa desenvolvidos por Rêgo *et al.*(2012), onde, a partir de séries históricas do volume de água no manancial, foi possível realizar um comparativo dos anos secos e prever índices de alerta para racionamento e possível colapso.

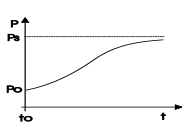
As projeções populacionais foram feitas a partir do método logístico com previsão de crescimento para os próximos vinte anos. A partir dos números encontrados para a população futura, calcularam-se as estimativas de demanda de água para cada ano.

4.1 Método para estimativa populacional

Existem várias hipóteses matemáticas simplificadoras dos cálculos de projeções populacionais que apresentam resultados confiáveis e, acima de tudo, justificáveis. Segundo Filho (2009), pode-se considerar que o crescimento populacional apresenta três fases distintas:

1ª fase - crescimento rápido quando a população é pequena em relação aos recursos regionais; 2ª fase - crescimento linear em virtude de uma relação menos favorável entre os recursos econômicos e a população; 3ª fase - taxa de crescimento decrescente com o núcleo urbano aproximando-se do limite de saturação, tendo em vista a redução dos recursos e da área de expansão. Considerando que Campina Grande se encontra na 3ª fase, foi utilizado o método logístico para calcular as projeções populacionais, onde os acréscimos tornam-se decrescentes ao longo do tempo e proporcionais à diferença entre população efetiva P_e e a população máxima de subsistência na região P_s (população de saturação). A população efetiva é calculada pelas equações da Tabela 2.

Tabela 2 - Método logístico de projeção populacional com base em fórmulas matemáticas.

Método	Forma da curva	Taxa de crescimento	Fórmula da projeção	Coefficiente
Crescimento logístico		$\frac{dP}{dt} = K_1 \cdot P \cdot \frac{(P_s - P)}{P}$	$P_e = \frac{P_s}{1 + c \cdot e^{K_1 \cdot (t - t_0)}}$	$P_s = \frac{2 \cdot P_0 \cdot P_1 \cdot P_2 - P_1^2 \cdot (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - P_1^2}$ $c = (P_s - P_0) / P_0$ $K_1 = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \ln \left[\frac{P_0 \cdot (P_s - P_1)}{P_1 \cdot (P_s - P_0)} \right]$

Fonte: UNESP

A fórmula da projeção é conhecida como *equação da curva logística*. O crescimento da população estimado por este modelo leva em conta a reação do meio ambiente ao crescimento em uma localidade e a representação gráfica é uma curva em forma de "S".

O presente estudo de estimativa do crescimento populacional baseou-se na população do ano de 1990 e nos censos demográficos de 2000 e 2010, realizados pelo IBGE (Tabela 3).

Tabela 3 - População de Campina Grande (IBGE)

Ano	População
1990	318592,00
2000	355331,00
2010	385213,00

4.2 Método para estimativa de demanda de água

Utilizando as estimativas de crescimento populacional para um horizonte de 20 anos, realizou-se o cálculo das demandas de água para o município, considerando a universalização do serviço, prevista na Lei nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007, o que significa que 100% da população será atendida pelo SACG.

Considerou-se ainda um cenário em que as perdas no SACG não sejam corrigidas e o consumo per capita seja igual ao atual de 200 l/hab/dia. Utilizando as equações 1, 2, 3 e 4, calculou-se as evoluções das vazões médias, máximas diárias e máxima horária do dia de maior consumo, e o volume da reserva necessário para a cidade de Campina Grande, respectivamente.

$$Q_{m\acute{e}dia} = \frac{\text{População atendida} \times \text{Per capita}}{86.400} \quad (1)$$

$$Q_{m\acute{a}x.di\acute{a}ria} = Q_{m\acute{e}dia} \times K_1 \quad (2)$$

$$Q_{m\acute{a}x.hor\acute{a}ria} = Q_{m\acute{a}x.di\acute{a}ria} \times K_2 \quad (3)$$

$$V_{Reserva\c{c}\tilde{a}o} = \frac{Q_{m\acute{a}x.di\acute{a}ria} \times 86,4}{3} \quad (4)$$

No cálculo das vazões adotaram-se os seguintes coeficientes: $K_1 = 1,20$ (coeficiente do dia de maior consumo) e $K_2 = 1,20$ (coeficiente da hora de maior consumo). Esses valores são confirmados por Gomes (2002) e são aqueles normalmente utilizados em sistemas de abastecimento d'água, recomendados para projeto pela PNB 587/77 da ABNT.

4.3 Cenários propostos para o estudo

Baseado nos dados disponíveis e nos métodos de estimativa populacional e demanda de água e foi possível realizar uma avaliação da situação hídrica do reservatório Epitácio Pessoa para os dias atuais e para os anos futuros. Considerou-se para tanto, dados disponíveis de oferta e demanda no sistema entre os anos de 2010 e 2014 e projeções de população e oferta para os próximos vinte anos, contados a partir de 2015.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizando as Equações propostas na Tabela 2 e as populações para os anos 1990, 2000 e 2010 da Tabela 3, foram calculadas as projeções populacionais do município e com os resultados obtidos traçada a curva da Figura 1. De acordo com a figura observa-se que a taxa de crescimento

populacional diminui com o passar dos anos e a população tende a se aproximar da população de saturação, com um valor de 465.704 habitantes.

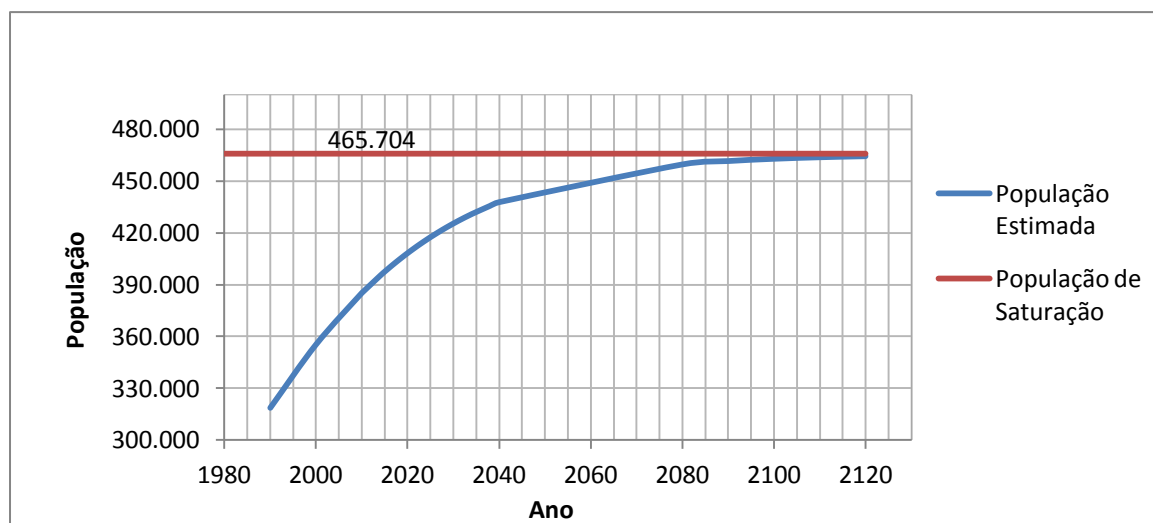


Figura 1 - Curva logística de crescimento populacional do município de Campina Grande

A situação hídrica atual e futura do manancial encontra-se comprometida, visto que não há exato controle sobre o quanto é retirado ou utilizado de maneira irregular, seja para a irrigação que ocorre às margens do açude, ou para o consumo de populações próximas ao manancial. Além disso, outras ações comprometem a disponibilidade hídrica do açude Epitácio Pessoa, como por exemplo, a construção de pequenos açudes à montante do reservatório que diminuem a vazão de regularização.

O gráfico da Figura 2 descreve o volume de água no manancial ao longo dos anos, com estimativas para os próximos 4 anos.

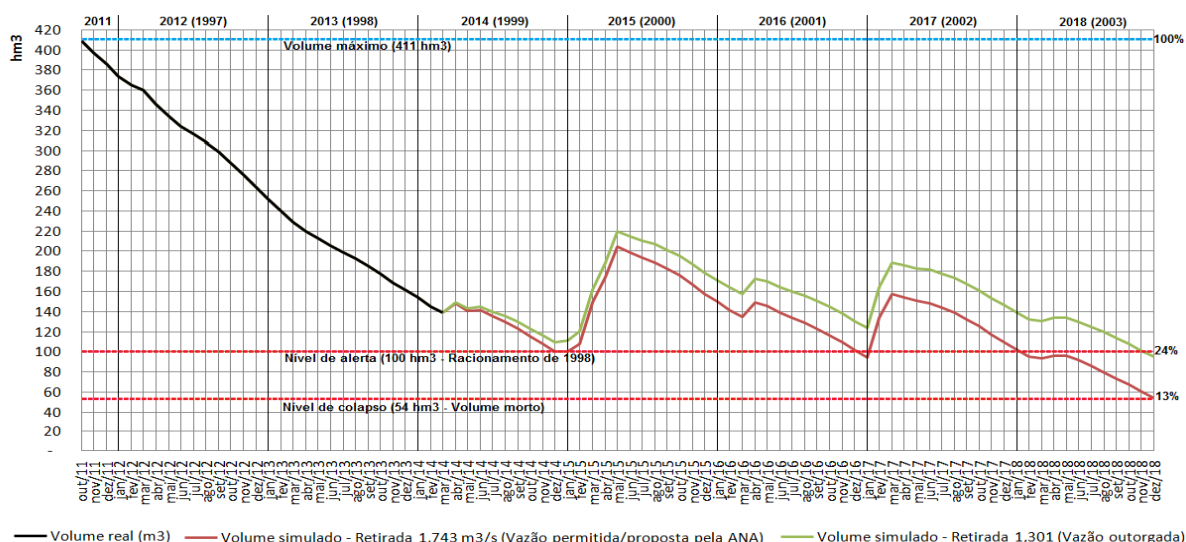


Figura 2 - Volume armazenado no açude Epitácio Pessoa x Retiradas para consumo, durante suposto período seco iniciado em 2012 e prolongando-se até abril de 2018 (Fonte: Rêgo, *et al.*, 2012).

Admitindo-se que o ano de 2012 inauguraria um novo ciclo de anos de baixa pluviosidade, tomou-se como hipótese, para se efetuar uma simulação da operação do açude, que as baixas

precipitações, e afluições, observadas de 1997 a 2003 se repetiriam nos próximos anos (RÊGO *et al.*, 2012).

A partir da análise do gráfico desenvolvido por Rêgo *et al.*, 2012, quando considerada as retiradas de volume permitidas pela Agência Nacional de Águas (ANA), já no fim do corrente ano haveria problemas de escassez hídrica com presença de racionamentos de água no SACG. Já para o ano de 2018 está previsto o colapso do manancial quando o volume do açude corresponderia ao volume morto, após um ano de crescentes racionamentos na cidade.

A Figura 3 traz o crescimento populacional do município de Campina Grande e a estimativa de vazão média diária retirada do açude considerando o consumo atual de 200 l/hab/dia para os anos de 2010 a 2034. Considerando o crescimento da população e conseqüentemente da demanda hídrica apresentado na Figura 3, pode-se afirmar que, o quadro é ainda mais alarmante, pois, a previsão do volume de acumulação do reservatório apresentado por Rêgo *et al* (2012) para os próximos anos (Figura 2) foi calculado para uma retirada de água constante. No entanto, com o crescimento previsto para a população, esta retirada deverá ser maior para atender toda a cidade, antecipando o colapso previsto para o ano 2018.

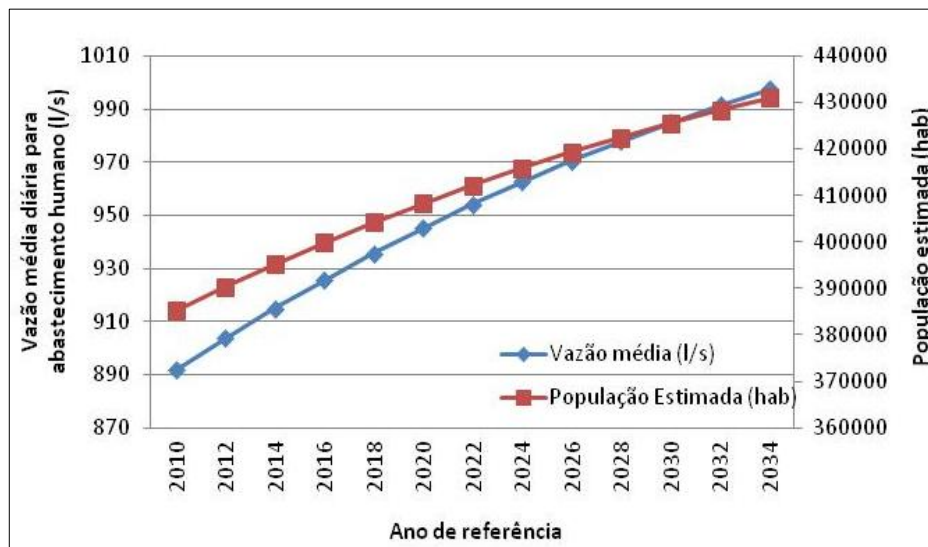


Figura 3 – Estimativas de crescimento populacional e demanda para consumo humano: anos 2010 a 2034.

Tal situação tem preocupado as autoridades locais, assim como também a CAGEPA. A necessidade de um gerenciamento mais efetivo sobre os recursos hídricos é primordial, visto que no ano de 2014 o sistema já se encontra com déficit de água para o abastecimento, sendo recorrentes as notícias sobre a falta de água em vários pontos da cidade. Segundo a AESA (2014), o volume de água no manancial Epitácio Pessoa no mês de junho de 2014 foi de 128.618.676 m³, correspondente apenas a 31,2% do seu volume total. Esse quadro é preocupante, pois as demandas de água crescem proporcionalmente a população, como mostrado na no gráfico da Figura 3, exigindo um volume maior para abastecimento.

6 CONCLUSÃO

O açude Epitácio Pessoa tem passado, nos últimos anos, por severa redução do volume de água acumulado devido ao longo período de estiagem que compromete o sistema de abastecimento de água de Campina Grande-PB. De acordo com o estudo apresentado conclui-se que o colapso pode ocorrer antes do esperado, sendo necessárias medidas urgentes tanto no gerenciamento do manancial, visando uma melhor fiscalização dos usos e retiradas, quanto na operação do SACG, buscando desenvolver projetos de ampliação e recuperação das estruturas do sistema e consequentemente diminuir as perdas de água que giram em torno de 40%.

BIBLIOGRAFIA

- AESA: Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/>. Acesso em: 27 de Abril de 2014.
- ALBUQUERQUE, T. M. *Seleção multicriterial de alternativas para o gerenciamento da demanda urbana de água na escala de bairro*. Dissertação de Mestrado PPGECA, Campina Grande, 2004.
- ANDREOLI, C. V.; DALARMI, O.; LARA, A.I.; ANDREOLI, F.N. Limites ao Desenvolvimento da Região Metropolitana de Curitiba, Impostos pela Escassez de Água. 9º SILUBESA - Simpósio Brasileiro De Engenharia Sanitária E Ambiental. Porto Seguro, abr. p.185-195, 2000.
- DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. *Açude Boqueirão de Cabaceiras*. Disponível em: <http://www.dnocs.gov.br/barragens/boqueirao/boqueirao.htm>. Acesso em: 06 de Maio de 2014.
- DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. (*Relatório Nº 2*): *Diagnóstico Ambiental do Açude Público Epitácio Pessoa*. João Pessoa. 2005.
- IBGE (Instituto Brasileiro de geografia e Estatística) (2010). Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: Janeiro de 2014.
- FILHO, C. F. M. (2009). *Abastecimento de Água*. UFCG/Campina Grande – PB, 153 p.
- GOMES, H. P. (2010). *Sistemas de Saneamento – Eficiência Energética*. João Pessoa- PB, 366 p.
- MENESES, R. A. *Diagnóstico Operacional de Sistemas de Abastecimento de água: o Caso de Campina Grande*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UFCG. Campina Grande, 2011.
- PEREIRA, S. S.; MELO, J. A. B. Gestão dos resíduos sólidos urbanos em Campina Grande/PB e seus reflexos socioeconômicos. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*. v. 2, n. 2 p. 193-217, Set-Dez/2008. Disponível em: <<http://www.rbgdr.net/032008/comunicacao.pdf>>. Acesso em: Janeiro de 2014.
- PERH-PB. *Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba. Relatório Final*. 2006. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/perh/>>. Acesso em: Janeiro de 2014.
- RÊGO, J. C.; ALBUQUERQUE, J. P. T.; RIBEIRO, M. M. R. *Considerações sobre a Gestão dos Recursos Hídricos do Açude Epitácio Pessoa – Boqueirão na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba em Cenário de Vindouros Anos Secos*. In: XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, João Pessoa. Nov. de 2013.
- SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: Fevereiro de 2014.
- TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I. e CORDEIRO NETTO, O. M. (2003). “*Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a visão mundial da água*”. BAHIA ANÁLISE & DADOS edição especial, p. 357-370
- UNESP. *Previsão de População*. Disponível em: <www.feg.unesp.br/~caec/antigo/quarto/aula6.doc>. Acesso em: Junho de 2014.