



## ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO ARMAZENAMENTO DE CINCO RESERVATÓRIOS DO ESTADO DA PARAÍBA EM PERÍODOS DISTINTOS

*Guttemberg da Silva Silvino<sup>1\*</sup>; Beatriz Macêdo Medeiros<sup>2</sup>; Fernando Antonio Lima Gomes<sup>3</sup>; Ricardo de Aragão<sup>4</sup>*

**Resumo** – O Brasil é conhecido por ter água em abundância, porém o volume disponível para consumo não está distribuído de forma homogênea para todas as regiões. Este cenário se agrava na região Nordeste onde existe a escassez de chuva em períodos prolongados e nem todos os corpos hídricos são perenes, o que leva à carência de recursos hídricos. Para mitigar estes efeitos, açudes foram construídos para usos múltiplos porém nem sempre cumprem o seu papel tanto devido as secas, como devido a ausência de um correto gerenciamento. Neste cenário encontra-se a Paraíba com uma grande densidade de açudes construídos que se originou da necessidade da população em armazenar água para os períodos de estiagem. Entretanto o gerenciamento nem sempre satisfatório, as secas prolongadas, o assoreamento decorrente das ações antrópicas e o consumo excessivo fez cair o volume armazenado. Assim, visando analisar a evolução do volume existente em cinco reservatórios instalados nas principais mesorregiões que compõe o Estado dados sobre volume armazenado no ultimo decênio, nos últimos doze meses e nos últimos dez anos foram coletados. Os resultados apontam para uma redução gradual do volume disponível causado, tanto pelo consumo crescente como pela escassez de chuvas nos últimos cinco anos.

**Palavras-Chave** – Açude, Volume armazenado, Paraíba.

## ANALYSIS OF STORAGE VOLUME EVOLUTION OF FIVE RESERVOIRS IN PARAIBA STATE, BRAZIL, AT DIFERENT PERIODS

**Abstract** – Brazil is well known for its water resources however they are not homogeneously distributed over the country. This water shortage is more critical in Northeastern Brazil where rainfall is erratic and drought is registered over long periods along the years cause serious problems for the population. In order to mitigate such problem several multipurpose dams were within the region. However due to the lack of rainfall or wrong reservoir management those water bodies usually fail in attending water demand by the population. This also happen in Paraíba State, Northeast Brazil with large area within the semiarid region where drought is frequent. Here a large number of reservoir was built, however due to long droughts, siltation caused by human impacts, and large water demand, most of theses reservoir are close to the dead volume. Then, data on reservoir storage were collected from five main reservoir in the state at different climate regions. The findings showed a gradual reduction of available volume cause by increasing consumption, severe drought, and wrong reservoir management

**Keywords** – Reservoir, storage volume, Paraíba.

<sup>1</sup>Professor, UFPB, Centro de Ciências Agrárias, Campus II, Areia, Paraíba, CEP- 58397-000, guttembergs@yahoo.com.br.

<sup>2</sup>Graduando, UFPB, Centro de Ciências Agrárias, Campus II, Areia, Paraíba, CEP- 58397-000, bemacedom@gmail.com.

<sup>3</sup>Graduando, UFPB, Centro de Ciências Agrárias, Campus II, Areia, Paraíba, CEP- 58397-000, fernando\_trezeano@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Professor, UFPB, Centro de Ciências Agrárias, Campus II, Areia, Paraíba, CEP- 58397-000, ricardoaragao@yahoo.com (apresentador do trabalho)

## INTRODUÇÃO

Embora o Brasil seja um país onde os recursos hídricos são abundante, estes não estão distribuídos de forma homogênea. No que concerne ao nordeste brasileiro, a preocupação com a disponibilidade desse bem se torna ainda maior, dado os fatores climáticos regionais e a pequena disponibilidade de corpos hídricos com volume suficiente para atender as necessidades humanas, dessedentação animal e de produção industrial. Nesta região é frequente longos períodos sem chuva, secas prolongadas e grande insolação. Como consequência, uma grande evaporação da água disponível nos reservatórios da região e este fator tem papel fundamental no dimensionamento e manejo de obras hídricas.

Devida a escassez de chuvas e a necessidade de água para usos múltiplos, a construção de reservatórios de pequeno ou médio porte para armazenamento de água para os períodos de estiagem foi muito estimulada nas décadas de 50, 60 e 70. Como consequência, o nordeste brasileiro é classificado como a área que tem a maior densidade de açudes construídos no Brasil. Não obstante, as ações antrópicas na bacia hidrográfica destes reservatórios nem sempre são benéficas e planejadas, levando a degradação ambiental, a poluição/contaminação e o assoreamento dos reservatórios (Guimarães, 2008).

Neste cenário encontra-se o Estado da Paraíba, localizado na região Nordeste do território brasileiro, caracterizado pelo clima tropical úmido e pelas chuvas mais abundantes no litoral e escassez desta no sertão. Na medida em que se desloca para o interior, o clima torna-se semiárido e sujeito a estiagens prolongadas, predominantemente caracterizadas por altas temperaturas, Barbosa (2002). No Estado da Paraíba diversos açudes foram construídos pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) com o objetivo de abastecimento e também de irrigação. Alguns estão sob o controle da Agência Nacional das Águas (ANA) e outro sob o controle da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA).

A AESA atualmente monitora 124 açudes em todo o Estado da Paraíba e diariamente, os observadores dos principais açudes informam o nível de água no açude e conseqüentemente os volumes registrados em cada açude. A partir destes dados, são divulgados os boletins diário e de últimos volumes informados. Com base nestas informações pode-se relacionar o total precipitado com o volume armazenado e assim, determinar ao longo dos anos como foi a evolução dos reservatórios em face da precipitação que atingiu a área de contribuição do mesmo bem como do consumo. Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo avaliar o comportamento de alguns dos principais açudes no Estado da Paraíba, situados em diferentes mesorregiões, no que diz respeito ao aporte hídrico e a demanda, quer seja por consumo quer seja por evaporação.

## METODOLOGIA

Os açudes estudados e os municípios onde os mesmos estão instalados são os seguintes: Epitácio Pessoa (município de Boqueirão), Gramame/Mamuaba (Conde), Acauã – Argemiro de Figueiredo (Itatuba), Engenheiro Ávidos (Cajazeiras) e São Gonçalo (Sousa), Figura 1. O açude Epitácio Pessoa localiza-se na mesorregião Borborema, possui capacidade máxima de armazenamento de água 411.686.287 m<sup>3</sup>, abastece aproximadamente 23 municípios do estado, uma população estimada de aproximadamente 900000 hab. A precipitação média na região do açude é de 600 mm/ano.



Figura 1 – Bacias hidrográficas paraibanas e localização dos açudes monitorados pela AESA (Fonte: AESA, 2015).



O açude Gramame-Mamuaba, localiza-se no município do Conde situado na mesorregião Mata Paraibana (Litoral), possui capacidade de armazenamento máxima de água é de 56.937.000 m<sup>3</sup> e abastece os municípios de João Pessoa e Pedras de Fogo com uma população estimada de 800.000 hab. A precipitação média na região do açude é de 1200 mm/ano.

O açude Acauã (Argemiro de Figueiredo) localiza-se no município de Itatuba na mesorregião Agreste, tem capacidade máxima de armazenamento de água 253.000.000 m<sup>3</sup>, foi construído para reforçar o suprimento de abastecimento de Campina Grande, mas até o momento não cumpriu esta finalidade por não possuir adutora e estação de tratamento. A precipitação média na região do açude é de 900 mm/ano

O açude Engenheiro Ávidos está localizado no município de Cajazeiras na mesorregião Sertão Paraibano e sua capacidade máxima de armazenamento de água é de 255.000.000 m<sup>3</sup>. Este manancial além de abastecer o município de Cajazeiras atende o perímetro irrigado de São Gonçalo com uma população estimada de 70000 hab e uma demanda para irrigação de 0,1 m<sup>3</sup>/s (Santos et al., 2014). A precipitação média na região do açude é de 800 mm/ano

O açude São Gonçalo está localizado no município de Sousa também presente na mesorregião Sertão Paraibano, sua capacidade máxima de armazenamento de água é de 44.600.000 m<sup>3</sup>, abastece os municípios de Sousa, Marizópolis, Nazarezinho e o Distrito de S. Gonçalo, além de atender o perímetro do mesmo Distrito com uma população estimada de 82.000 hab. A precipitação média na região do açude é de 900 mm/ano. Os açudes citados estão em regiões climáticas que vão desde o litoral úmido até o semiárido seco com precipitação média anual variando de 1500 mm no litoral e 600 mm no semiárido (sertão paraibano). Do sertão ao litoral o período chuvoso e evaporação variam de dezembro até junho e de 3000 mm até 1600 mm, respectivamente.

Para estes mananciais foram avaliadas a variação no armazenamento para os seguintes períodos: dez primeiros dias do mês de Junho de 2015, um ano a partir de Junho de 2014 até Maio de 2015, no período dos últimos dez anos (desde 2005 até o junho de 2015). Escolheu-se estes períodos por ser aqueles onde a AESA disponibiliza frequentemente os dados. A finalidade é ver como se comportou os mananciais em face das demandas, se houve um declínio de volume gradual ou se este foi brusco. Os levantamentos para a execução desse trabalho foram realizados a partir dos dados de volume dos açudes coletados no site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA, Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS e com a parceria da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – CAGEPA.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Açude Epitácio Pessoa

Analisando o comportamento diário do volume acumulado do açude Epitácio Pessoa referente aos dez primeiros dias de Junho de 2015, Figura 2A. Observa-se que à medida que os dias decorreram houve uma redução no volume acumulado. Ou seja, não está havendo reposição de água no mesmo, o que pode ser o resultado da grande estiagem que está ocorrendo no Estado da Paraíba nos últimos quatro anos. Além disso, o abastecimento de Campina Grande e demais municípios abastecidos permanece, muito embora que esteja havendo racionamento. Associado a este fato, tem-se a evaporação, que mesmo baixa nesta época do ano, existe, como também não se tem garantia que todos os irrigantes deixaram de bombear durante o período analisado. Observa-se também que no sexto dia houve um volume armazenado similar ao do oitavo dia devido a precipitação ocorrida na região e o reservatório recebeu aporte hídrico.

Na Figura 2B pode-se verificar que durante o período junho de 2014 a maio de 2015 (doze meses decorridos) o volume do açude Epitácio Pessoa diminuiu consideravelmente redução esta que foi de 40% entre o início e o fim do período analisado. Observa-se que entre junho de 2014 até novembro do mesmo ano o volume de água do açude apresentou ainda era suficiente para o atendimento das demandas de abastecimento, mantendo-se acima de 100.000.000 m<sup>3</sup>. No decorrer dos meses o volume foi diminuído

numa taxa média de 4,5% até chegar no mês de maio a 76697,15 m<sup>3</sup>, que representa 18,63% da sua capacidade de acumulação, o que é considerado preocupante.

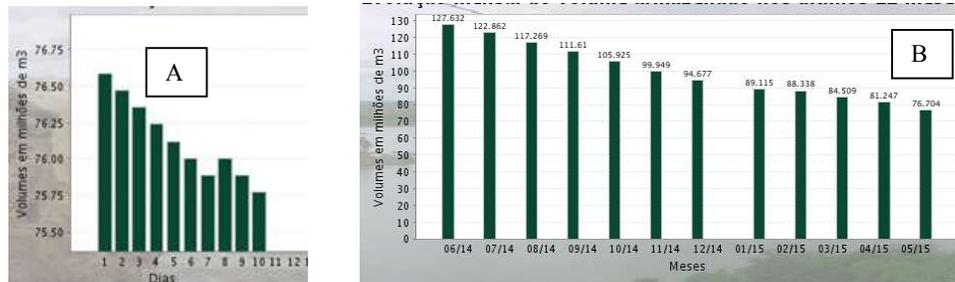


Figura 2 - Evolução diária (mês de junho/2015), A, e mensal (06/2014 a maio / 2015), B, do açude Epitácio ( Fonte: AESA, 2015).

Considerando o comportamento do açude ao longo dos últimos 10 anos, Figura 3, observa-se que durante esta década houve uma preocupante redução do volume a partir do ano de 2012. Ou seja, após o período chuvoso de 2011 (último ano em que o açude sangrou) não houve mais aporte de água em volume suficiente para o nível de água atingisse a cota de sangria e sendo assim o comportamento do volume acumulado neste açude foi só de redução. Ressalta-se também que apenas sete vezes nos últimos dez anos a cota de sangria foi atingida o que demonstra o grande período de seca que passa a região, como também expõe o grande volume retirado para usos múltiplos ou perdido por evaporação.

De acordo com dados históricos a evaporação nesta região é de aproximadamente 2000 mm/ano, o que acelera bastante a redução no volume. Além disso, existe ao longo das margens deste açude inúmeras propriedades agrícolas que retiram água do manancial, fato que colabora para uma redução rápida no volume armazenado. Entre os anos de 2005 até o ano de 2012 ocorreu aumento em seu volume, porém houve uma diminuição do volume com bastante intensidade até os dias de hoje. Estes fatos somados à grande seca que atinge a Paraíba ao longo dos últimos 4 anos só tem contribuído para a redução acelerada do aporte de água ao açude.

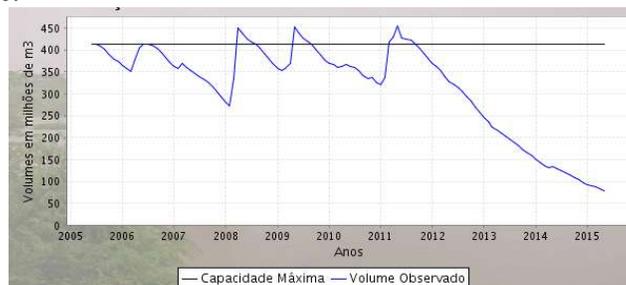


Figura 3 -. Evolução do volume armazenado no açude Epitácio Pessoa nos últimos dez anos ( Fonte: AESA, 2015).

### Açude Gramame-Mamuaba

Na Figura 4 A está ilustrada a evolução do açude Gramame-Mamuaba ao longo dos dez primeiros dias do mês de Junho de 2015, onde se observa que nos três primeiros dias do mês houve uma constância no valor de volume armazenado, ou seja, a diferença entre o aporte e a demanda foi insignificante.

Após o terceiro dia, houve um aumento bastante significativo no volume, podendo ser explicado pelo início das chuvas de inverno no litoral. Por outro lado, com relação ao comportamento do açude nos últimos doze meses (junho de 2014 até maio de 2015), Figura 4 B, observou-se que entre junho e dezembro de 2014 a diminuição do volume foi gradual e de pequeno percentual (11,4%).

Do mês de junho até o mês de outubro de 2014, os valores de volume armazenado de água no açude foram satisfatórios para o abastecimento da população, se que fosse necessário racionamento. No mês de janeiro e março de 2015 obtiveram valores parecidos, sendo que no mês de Fevereiro houve uma queda, sendo explicado pela saída da água ser superior à entrada de água no reservatório. No geral, entre início e fim de período analisado a redução em volume foi de 24,13%, bem menor do que aquele encontrado para

o açude Epitácio Pessoa no mesmo período (40%). Na região do Gramame as chuvas são mais frequente e a evaporação é mais baixa.

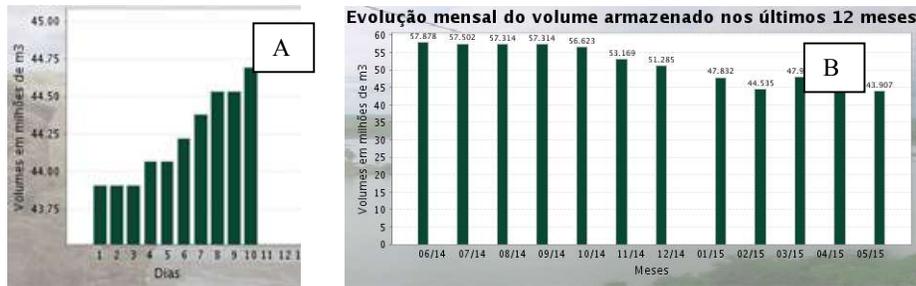


Figura 4 - Evolução diária (mês de junho/2015), A, e mensal (06/2014 a 05/2015), B, do açude Gramame-Mamuaba (Fonte: AESA, 2015).

Com relação aos dados decadais, observa-se na Figura 5, que durante esta última década a capacidade de armazenamento máxima no açude Gramame foi atingida cerca de dez vezes. Observa-se também que no início de 2011 o reservatório atingiu o seu menor volume desde 2005, porém, ao longo do ano de 2011 houve um aumento no volume armazenado até ultrapassar a capacidade máxima. No ano seguinte, 2012, o volume manteve-se na média, não havendo grandes oscilações até que houve outra reduzida no ano de 2013. Na maioria dos anos a cota de sangria foi atingida ao menos uma vez, apesar de o aporte está sendo cada vez mais reduzido.



Figura 5 - Avaliação do volume do açude Gramame-Mamuaba, na última década ( Fonte: AESA, 2015).

### **Açude Acauã (Argemiro de Figueiredo)**

Com relação a evolução do volume armazenado no açude Acauã (Argemiro de Figueiredo) nos primeiros dez dias do mês de Junho de 2015, Figura 6A, observa-se que no sexto, sétimo e oitavo dia houve uma constância no valor de volume armazenado e após o oitavo dia, houve queda significativa. Tal valor constante pode-se entender que o volume de água de entrada e o de saída são zero, assim manteve o valor do volume armazenado nos referentes dias. Este fato precisa ser melhor avaliado visto que foi registrado para a região da grande João Pessoa um total precipitado de 127 mm.

Por outro lado, quando o período junho de 2014 até maio de 2015 é analisado, Figura 6B, nota-se que na medida em que decorreram os meses, entre junho e novembro, houve uma queda gradual a uma taxa média de 5% ao mês, entretanto, a partir daí o processo foi acelerado (6,5%) e houve uma diminuição considerável no volume de água do mesmo. Não se tem registro do mês de março de 2015 no gráfico da AESA.

Apesar do açude Acauã estar mais próximo do litoral do que o açude Epitácio Pessoa, a bacia de contribuição é praticamente a mesma do açude Epitácio Pessoa, portanto, Acauã está sujeito em parte as mesmas variações que sobre o Epitácio Pessoa. Por outro lado, quando a última década é analisada, Figura 7, observa-se que entre os anos de 2005 e à meio de 2011 houve grandes oscilações em que o reservatório atingiu a sua capacidade máxima e em seguida diminuiu muito o seu volume. Além disso, a cota de sangria para este açude só foi atingida 5 vezes nesta década, o que reforça a idéia que houve redução no aporte de chuvas e, por consequência, de volume que chega até o reservatório. Da metade do ano de 2011 até 2015, observa-se que o reservatório passa por uma estiagem grande, seu volume diminuiu

cerca de 80% da sua capacidade máxima. Outro fato interessante é que as tendências aqui mostradas são, praticamente, as mesma apresentadas na Figura 3 para o açude Epitácio Pessoa, tendo em vista que em quase sua totalidade, a bacia de contribuição é a comum a ambos.



Figura 6A e B. . Evolução diária (mês de junho/2015) e mensal (06/2014 a maio / 2015) do açude Acauã (Argemiro de Figueiredo) ( Fonte: AESA, 2015).



Figura 7. Evolução do volume do açude Acauã (Argemiro de Figueiredo) durante os últimos dez anos ( Fonte: AESA, 2015).

### Açude Engenheiro Ávidos

Para o açude Engenheiro Ávidos o comportamento quanto ao armazenamento nos primeiros dez dias do mês de de junho de 2015 está ilustrado na Figura 8A. Nesta observa-se que entre o primeiro e o sétimo dia houve uma redução no volume deste açude e no dia seguinte ocorreu um aumento em seu volume, atingindo valor semelhante ao volume armazenado no terceiro dia do mês. Este fato foi reflexo de chuvas que aconteceram neste período (60 mm), principalmente no oitavo dia (50 mm).

No período de junho de 2014 a maio de 2015 houveram oscilações no volume do Açude Engenheiro Ávido, Figura 8B, onde entre os meses de junho e outubro registra-se as maiores oscilações (20%) comparadas às oscilações dos meses seguintes. Assim, no período de novembro ao mês de maio o volume armazenado manteve-se em uma média. Este comportamento reflete também o fato que de novembro até maio encontra-se o período chuvoso na região e mesmo com a evaporação bem características e a demanda constante, o açude manteve o seu volume praticamente constante.



Figura 8 - Evolução diária (mês de junho/2015) A, e mensal (06/2014 a maio / 2015), B, do açude Engenheiro Ávidos (Fonte: AESA, 2015).

Nos últimos dez anos (2005 a 2015) foram registrados aportes cada vez menores ao açude engenheiro Ávido, Figura 9, havendo ao longo dos anos muitas oscilações em termos de volume armazenado, o que reflete uma retirada gradativa e uma entrada cada vez menor. . Pode-se observar

também que este reservatório deferiu dos demais açudes (Figuras 3, 5, 7 e 9), uma vez que em nenhum ano desta década analisada foi atingido o nível de sangria. Apesar deste comportamento, o açude manteve, na média, um volume de 120 milhões de metros cúbicos até o ano de 2011, a partir do qual a grande seca que assola o nordeste fez sentir a ausência de chuvas na região e como consequência uma queda rápida do volume armazenado até os dias atuais..

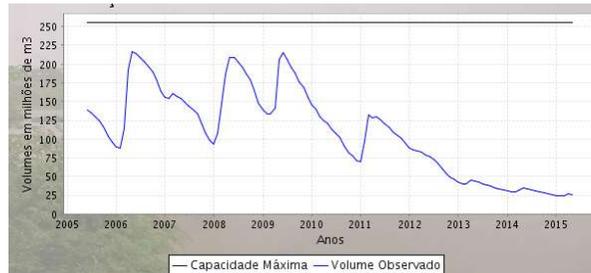


Figura 9. Capacidade do açude Engenheiro Ávidos no período dos últimos dez anos ( Fonte: AESA, 2015).

### Açude São Gonçalo

A Figura 10A apresenta a evolução diária do volume armazenado referente a dez dias do mês de junho do presente ano do açude São Gonçalo. Nesta figura observa-se que, à medida que os dias decorreram até o sétimo dia houve uma redução no volume de água do memo. Isto resulta pela grande estiagem que está ocorrendo na mesorregião do Sertão no Estado da Paraíba. Verifica-se um aumento satisfatório no oitavo dia devido a um evento chuvoso de 34,8 mm que ocorreu na região, porém no seguinte dia continua a haver redução no volume de água armazenado no reservatório. Ressalta-se que o período chuvoso na região terminou em abril, sendo as chuvas nos meses seguintes muito esporádicas.

Com relação aos últimos doze meses (Junho de 2014 até Maio de 2015) verifica-se, Figura 10B, que o volume do açude São Gonçalo diminuiu consideravelmente. Nota-se que de junho de 2014 até fevereiro de 2015 houve apenas diminuição do volume armazenado em torno de 64% e no mês de março houve um aumento (41,21%) deste volume, com dado semelhante ao do mês novembro de 2014, em seguida continuou a queda do armazenamento de água. Esta variação foi devido a chuvas que ocorreram na região mas não foram suficientes para uma elevação considerável do volume. Na Figura Observa-se que há alguns meses que faltam à média do volume mensal na Figura 10B, visto que os mesmos não foram disponibilizados pela AESA.

Por outro lado, na última década, Figura 11, houve oscilações no volume armazenado entre 2005 e 2011. O ano de 2011 culminou na queda do valor do volume armazenado no reservatório com pequenos aumentos, porém bastante longe de atingir a capacidade máxima de armazenamento, ficou a cerca de 88% abaixo da sua máxima capacidade de armazenamento.

Nos anos de 2006, 2008, 2009 e em 2011 houve períodos onde o açude atingiu sua capacidade máxima e no início de 2006 verifica-se que ocorreu um período de estiagem, mas com menor intensidade comparada com a atual.

Há de ser dito que apesar de possuir o histórico aqui apresentado, os órgãos que controlam os açudes analisados só declararam racionamento quando o volume reservado estava em um patamar de alerta, não tendo sido feitas campanhas com maior frequência e amplitude no sentido de conscientizar a população sobre a economia de água.

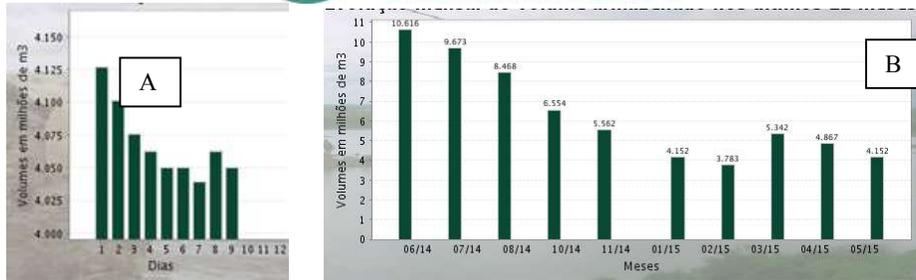


Figura 10 - Evolução diária (mês de junho/2015) A, e mensal (06/2014 a maio / 2015), B, do açude São Gonçalo (Fonte: AESA, 2015).



Figura 11. Evolução do volume armazenado no açude São Gonçalo no período de 2005 a 2015 ( Fonte: AESA, 2015).

## CONCLUSÕES

- ✓ Todos os açudes estudados menos o situado no litoral, apresentaram uma diminuição constante de seus volumes nos últimos doze meses, isto resulta da grande estiagem que o estado está passando como também a gestão inadequada ou a falta dela.
- ✓ Se o açude Epitácio Pessoa mantiver a evolução no decaimento de volume, em breve o açude atingirá o volume morto e o sistema estará em estado crítico.
- ✓ Pode-se notar também que o açude Engenheiro Ávidos está em uma situação crítica, por ter diminuído cerca de metade da sua capacidade máxima de armazenamento de água, assim sendo explicado que além do clima, o reservatório está sofrendo também influências de ações antrópicas.
- ✓ Na última década o açude de Gramame no município do Conde apresentou volume mais significativo em anos específicos deferindo dos demais estudados.

## REFERÊNCIA

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <http://www.pb.gov.br/aesa>. Acesso em: 10 jun. 2015.

BARBOSA, J. E. L. (2002). Dinâmica do fitoplacton e condicionantes limnológicos nas escalas de tempo (nictimeral/sazonal) e de espaço (horizontal/vertical) no açude Taperoá II: trópico semi-árido paraibano. 2002, 208f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais), Departamento de Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – SP.

GUIMARÃES, C.L.; MORAES NETO, J.M. de; SOUSA, R.F. de. (2008). Uso de tecnologias para análise da Bacia Hidrográfica do Açude Cachoeira dos Alves, Município de Itaporanga-PB, 2008. In: REVISTA ENGENHARIA AMBIENTAL, Espírito Santo do Pinhal – ES: v. 5, n. 1, p. 065-076.

SANTOS, V. S.; FARIAS, C. A. S.; REIS, C. Q. (2014) Análise do atendimento às demandas dos reservatórios engenheiro ávidos e São Gonçalo no semiárido paraibano. In XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2014, Natal.