

MONITORAMENTO DE BARRAGEM PARA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE-BA.

MSc Mário Jorge de Souza Gonçalves¹; Edna Cristina de Lucena Marques²; Marcos de Oliveira Dias³

RESUMO - A bacia hidrográfica do rio Verde possui uma barragem de nominada Manoel Novaes (Mirorós), cujas águas possuem usos múltiplos sendo utilizadas para consumo humano e irrigação entre outros usos. Este trabalho procura demonstrar a importância do monitoramento pluviométrico e dos volumes armazenados nas barragens na gestão da bacia hidrográfica do rio Verde, visando à disponibilidade hídrica para usos múltiplos. Na elaboração dos cenários futuros foram utilizados os dados pré-existent de precipitação, vazões máxima e mínima, na bacia do rio Verde, e de monitoramento dos volumes armazenados no lago formado pela barragem. Os dados utilizados foram: a) as médias históricas mensais das precipitações na região de nascentes; b) os volumes armazenados e suas tendências; c) as vazões máximas e mínimas na bacia hidrográfica do rio Verde (estação 47236000, em Ibipeba, e da estação 47249000, em Itaguaçu da Bahia).

ABSTRACT - The catchment area of the Green River has a dam nominated Manoel Novaes (Mirorós) whose waters have multiple uses being used for human consumption and irrigation and other uses. This paper seeks to demonstrate the importance of monitoring rainfall and volumes stored in dams in the river basin management in the Green River aiming at water availability for multiple uses. Were used pre-existing data on precipitation maximum and minimum flows in the Green River basin and monitoring of volumes stored in the lake formed by the dam in preparation of future scenarios. The data used were: a) historical monthly averages of rainfall in the region of springs; b) the volumes stored and trends; c) the maximum and minimum flows in the Green River basin (station 47236000 in Ibipeba, and station 47249000 in Itaguaçu of Bahia).

Palavras-chave: 1) Monitoramento de barragens; 2) Gestão de recursos hídricos; 3) Bacia hidrográfica do rio Verde.

1. Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia_INEMA / Universidade Estadual de Feira de Santana – GEOTRÓPICOS. End. Rua Pacífico Pereira, nº 101, Ed. Vivenda do Garcia, Aptº 203, Bairro Garcia. Salvador Bahia. CEP: 40.100-170. Tel. 71-9119-3300. Email: mariojsg.taboca@hotmail.com

2. Consultoria Geológica e Ambiental_GEOATIVA. End. Rua Pacífico Pereira, nº 101, Ed. Vivenda do Garcia, Aptº 203, Bairro Garcia. Salvador Bahia. CEP: 40.100-170. Tel. 71-9112-2768. Email: geoativa2@ig.com.br

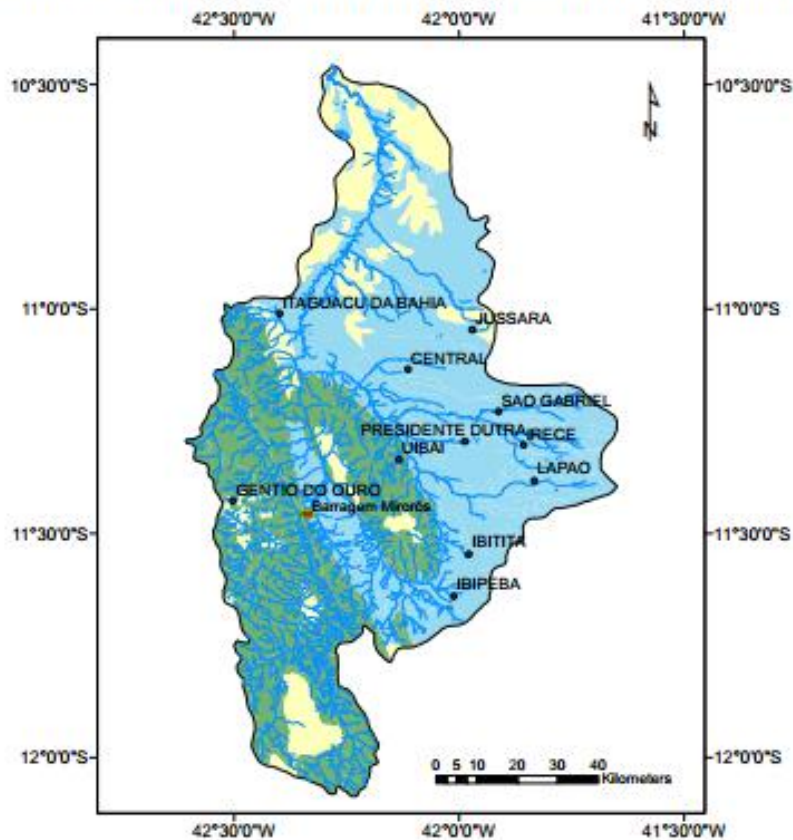
3. Autônomo. End. Rua Padre Feijó, nº 513, Ed. Tabajara, Aptº 202, Bairro Canela. Salvador Bahia. Tel. 71-9144-4352. Email: marcotalendo@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO - As vazões dos rios em regiões semiáridas estão diretamente relacionadas às precipitações pluviométricas nestas regiões, a maneira como estas águas chegam até as drenagens, seus volumes, tempo de retardo e suas consequências devem ser estudadas e avaliadas para que se evitem catástrofes naturais ou para que se possa tirar um maior proveito das águas superficiais e subterrâneas existentes nestas regiões tão carentes de recursos hídricos. Desta maneira foi escolhida a bacia hidrográfica do rio Verde, localizada em região com clima semiárido quente, para ser monitorada através da dinâmica anual das suas vazões máximas e mínimas existentes nesta bacia.

A bacia hidrográfica do rio Verde encontra-se totalmente inserida em território baiano com nascentes na Chapada Diamantina. A bacia hidrográfica do rio Verde está inserida entre às coordenadas $-10^{\circ}27'39,6''$ e $-12^{\circ}04'58,8''$ de latitude sul e $-41^{\circ}28'01,2''$ e $-42^{\circ}36'39,6''$ de longitude oeste, estando situada na região centro-norte do Estado da Bahia. A bacia está ocupa uma superfície de 14.110 Km^2 . O curso do rio Verde segue no sentido Sul-Norte até sua foz, na margem direita do rio São Francisco, e apresenta um regime intermitente, principalmente em sua porção central. A bacia hidrográfica do rio Verde possui uma barragem denomina barragem Manoel Novaes (Mirorós) e tem a capacidade para 176 milhões de metros cúbicos. A barragem é utilizada para usos múltiplos, a exemplo do abastecimento humano (nas cidades de Irecê, Ibititá, Ibipoba, Barra do Mendes, Lapão, Canarana, Barro Alto, Central, Presidente Dutra, Uibaí, São Gabriel, Jussara, América Dourada e João Dourado) e a irrigação. No dia 25 de outubro de 2011 a barragem possuía apenas 14% da capacidade total de armazenamento, ou seja, 24,64 milhões de metros cúbicos para abastecer quase 210 localidades, entre distritos e povoados, e mais 14 municípios.

A geologia é marcada por três grandes domínios sedimentares; a) rochas sedimentares e metamórficas de origem clástica; b) rochas sedimentares de origem química e seus retrabalhamentos; c) coberturas sedimentares inconsolidadas detríticas.

MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VERDE _ BAHIA.



Fonte dos dados: BRASIL; BAHIA, 2003.

LEGENDA	Litologias
• Sede Municipal	Amarelo Coberturas sedimentares detriticas.
■ Barragem Mirorós	Verde Arenitas, conglomerados, ardóseas, diamictitos, siltilos, folhelhos.
— Hidrografia	Cinza Calcários, calcilutitos, calcissiltitos, margas, calcarenitos.
	Vermelho Diorito, gabro, diabásio.

MAPA 1: Localização com geologia simplificada da bacia hidrográfica do rio Verde.

Fonte dos dados: BRASIL, BAHIA, 2003. Produção própria dos autores.

2. OBJETIVOS - Este trabalho procura demonstrar a importância do monitoramento pluviométrico e dos volumes armazenados na barragem Manoel Novaes (Mirorós) na gestão da bacia hidrográfica do rio Verde, visando à disponibilidade hídrica para seus usos múltiplos, com o objetivo de criar um cenário futuro no qual seja possível a organização socioambiental e a minimização dos impactos decorrentes da escassez ou excedentes hídricos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS - Na determinação das precipitações e das vazões foram utilizadas as médias históricas mensais representando pontos de amostragem na bacia. Os maiores valores de precipitação foram correlacionados com as maiores vazões por se entender que os primeiros parâmetros são diretamente responsáveis pelos segundos. Neste estudo foram utilizados dados de trabalhos existentes sobre precipitações e vazões na bacia hidrográfica do rio Verde, a qual se encontra localizada em região semiárida quente.

Na elaboração dos cenários futuros foram utilizados os dados pré-existentes de precipitação, vazões máxima e mínima, na bacia do rio Verde, e de monitoramento dos volumes armazenados no lago formado pela barragem Manoel Novaes (Mirorós), utilizamos: a) as médias históricas mensais das precipitações nas regiões de nascentes; b) os volumes armazenados e suas curvas de tendência, por se entender que os primeiros parâmetros são diretamente responsáveis pelos segundos; c) as vazões máximas e mínimas na bacia hidrográfica do rio Verde (estação 47236000, em Ibipeba, e da estação 47249000, em Itaguaçu da Bahia)

Segundo a UNESCO (2012): “seca hidrológica é período de tempo excepcionalmente seco, suficientemente prolongado para provocar uma considerável diminuição das reservas hídricas, como a redução significativa do caudal dos rios, do nível dos reservatórios e/ou a descida dos níveis de água no solo e nos aquíferos”. Na análise da existência de seca hidrológica, para um determinado período, foram consideradas as médias das vazões máximas e mínimas, da seguinte maneira: foram criados os gráficos do fator hidrológico, onde se atribuiu valor 1 (um) para cada valor extremo anual máximo ou mínimo acima da média máxima ou mínima do período analisado, respectivamente, e 0 (zero) para valores extremos anuais máximos ou mínimos abaixo da média máxima ou da média mínima do período analisado, respectivamente: a) Fator hidrológico com valor 2 (dois) possui os valores extremos anuais máximos e mínimos acima das médias máximas e mínimas (ano com excedente hídrico); b) Fator hidrológico com valor 1 (um) possui pelo menos um valor extremo anual máximo ou mínimo acima das médias, (ano normal); c) Fator hidrológico com valor 0 (zero) possui valores extremos anuais máximos e mínimos abaixo das médias máxima ou mínima (ano com déficit hídrico ou seca hidrológica). No caso de valores extremos anuais máximos ou mínimos igual à média máxima ou mínima, respectivamente, pode-se considerar: a) o valor do fator hidrológico igual a 1 (um) se a outra medida for $\geq 70\%$ da média máxima ou mínima e b) o valor do fator hidrológico igual a 0 (zero) no caso do outro valor do fator hidrológico for $< 70\%$ da média máxima ou mínima. A mediana não foi utilizada, nos cálculos, por se entender que não oferece os cenários mais críticos. O gráfico do fator

hidrológico pode ser confeccionado com cotas, da seção de medição, ou vazões, obtendo-se o mesmo resultado para um período amostral maior ou igual a 30 anos (QUADRO 3).

QUADRO 3: Resumo do fator hidrológico

Valores Extremos Anuais	Média máxima < valor extremo máximo anual	Média máxima > valor extremo máximo anual	Média mínima < valor extremo mínimo anual	Média mínima > valor extremo mínimo anual	Valor do Fator Hidrológico	Classificação do Ano Hidrológico
Valor Máximo	1	-	-	-	1+1=2	Ano Excedente
Valor Mínimo	-	-	1	-		
Valor Máximo	1	-	-	-	1+0=1	Ano Normal
Valor Mínimo	-	-	-	0		
Valor Máximo	-	0	-	-	0+1=1	Ano Normal
Valor Mínimo	-	-	1	-		
Valor Máximo	-	0	-	-	0+0=0	Ano Deficitário
Valor Mínimo	-	-	-	0		

Fonte: GONÇALVES, 2014.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES - De posse dos dados de vazões máximas e mínimas para o período de 1977 a 2007 para a estação 47236000 foi possível confeccionar os gráficos de vazão máxima associada à média das vazões máximas: 28,64 m³/s (FIGURA 1) e o gráfico de vazões mínimas associadas à média das vazões mínimas: 0,014 m³/s (FIGURA 2).

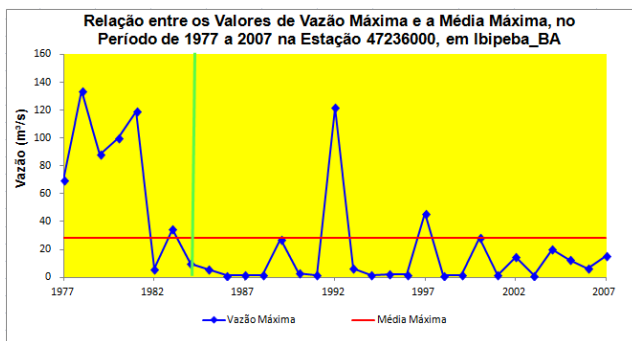


FIGURA 1: Avaliação dos valores de vazão máxima em relação à média máxima no período de 1977 a 2007, na Estação 47236000, em Ibipeba_BA. A linha vertical verde representa 1984, o ano de inauguração da Barragem de Manoel Novaes (Mirorós). Fonte dos dados: BRASIL, ANA, 2012; Produção própria dos autores.

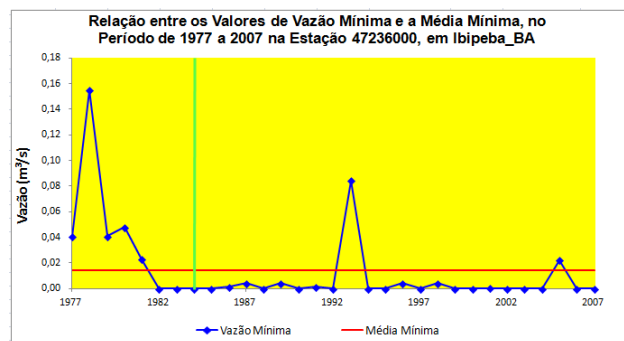


FIGURA 2: Avaliação dos valores de vazão mínima em relação à média mínima no período de 1977 a 2007, na Estação 47236000, em Ibipeba_BA. A linha vertical verde representa 1984, o ano de inauguração da Barragem de Manoel Novaes (Mirorós). Fonte dos dados: BRASIL, ANA, 2012; Produção própria dos autores.

Com os dados de vazões máximas e mínimas para o período de 1980 a 2012 para a estação 47249000 foi possível confeccionar os gráficos de vazão máxima associada à média das vazões máximas: 45,30 m³/s (FIGURA 3) e o gráfico de vazões mínimas associadas à média das vazões mínimas: 0,14 m³/s (FIGURA 4).

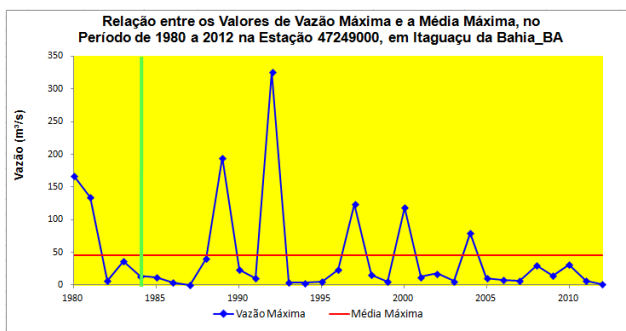


FIGURA 3: Avaliação dos valores de vazão máxima em relação à média máxima no período de 1980 a 2012, na Estação 47249000, em Itaguaçu da Bahia_BA. A linha vertical verde representa 1984, o ano de inauguração da Barragem de Manoel Novaes (Mirorós). Fonte dos dados: BRASIL, ANA, 2012. Produção própria dos autores.

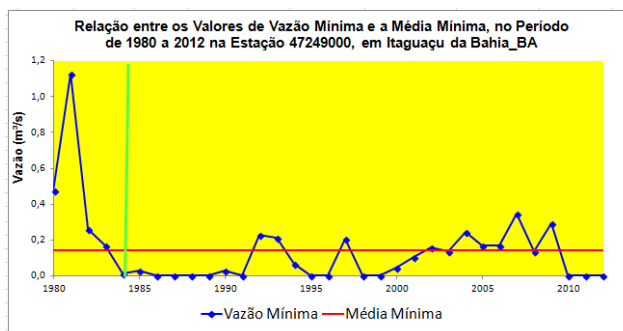


FIGURA 4: Avaliação dos valores de vazão mínima em relação à média mínima no período de 1980 a 2012, na Estação 47249000, em Itaguaçu da Bahia_BA. A linha vertical verde representa 1984, o ano de inauguração da Barragem de Manoel Novaes (Mirorós). Fonte dos dados: BRASIL, ANA, 2012. Produção própria dos autores.

Na análise dos valores máximos e mínimos no período de 1977 a 2007, na estação 47236000, foi possível verificar que o número máximo de anos com seca hidrológica pode ser maior do que 7 (sete) anos consecutivos. Os anos normais hidrológicos nunca são maiores do que 1 (um) ano consecutivo. Os anos com excedente hídrico nunca são maiores do que 5 (cinco) consecutivos (FIGURA 5). Analisando também os valores máximos e mínimos no período de 1980 a 2012, na estação 47249000, foi possível verificar que o número máximo de anos com seca hidrológica pode ser maior do que 7 (sete) anos consecutivos. Os anos normais hidrológicos nunca são maiores do que 1 (um) ano consecutivo. Os anos com excedente hídrico nunca são maiores do que 5 (cinco) consecutivos (FIGURA 6).

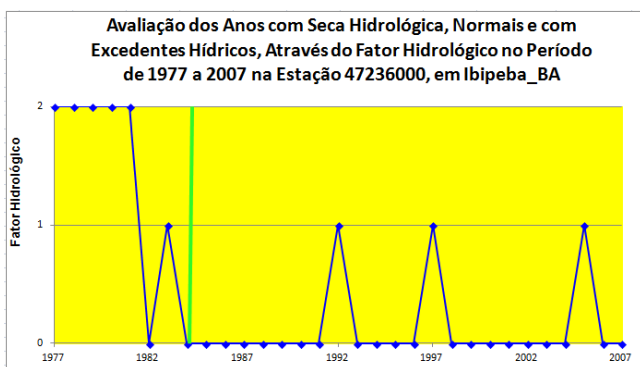


FIGURA 5: Avaliação dos Anos com Seca Hidrológica, Normais e com excedentes Hídricos no Período de 1977 a 2007, na Estação 47236000, em Ibipeba_BA. A linha vertical verde representa 1984, o ano de inauguração da Barragem de Manoel Novaes (Mirorós). Fonte dos dados: BRASIL, ANA, 2012. Produção própria dos autores.

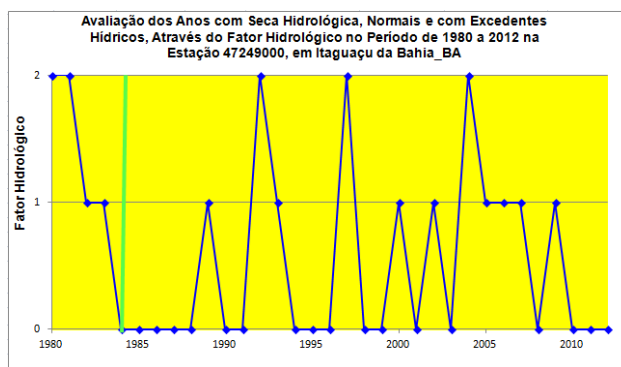


FIGURA 6: Avaliação dos Anos com Seca Hidrológica, Normais e com excedentes Hídricos no Período de 1980 a 2007, na Estação 47249000, em Itaguaçu da Bahia_BA. A linha vertical verde representa 1984, o ano de inauguração da Barragem de Manoel Novaes (Mirorós). Fonte dos dados: BRASIL, ANA, 2012. Produção própria dos autores.

Comparando agora os GRÁFICOS 5 e 6, respectivamente, avaliação dos anos com seca hidrológica, normais e com excedentes hídricos na Estação 47236000 e na Estação 47249000. Podemos notar que nos anos normais hidrológicos na estação localizada mais a montante (47236000) se mantém constante ou com excedente hídrico na Estação localizada mais a jusante (47249000), evidenciando um aporte hídrico naquele trecho do rio.

O resultado do armazenamento e volume útil na barragem Manoel Novaes (Mirorós) pode ser observado nos GRÁFICOS 7 e 8, bem como a situação atual do armazenamento e suas tendências num cenário futuro, uma vez que as tendências de precipitação para a região de montante aos barramentos é pequena por se estar saindo do período chuvoso.

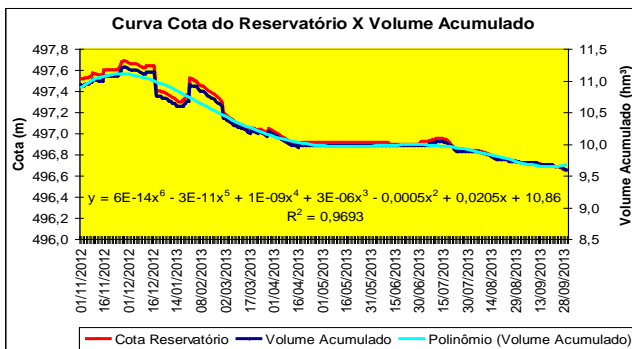


FIGURA 7: Monitoramento da Barragem Manoel Novaes (Mirorós), no período de 01/01/2012 a 30/09/2013. Fonte dos dados: CHESF, 2013. Produção própria dos autores.

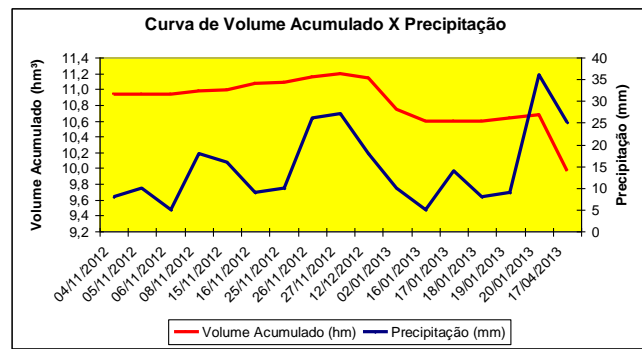


FIGURA 8: Monitoramento da Barragem Manoel Novaes (Mirorós), no período de 04/11/2012 a 17/04/2013. Fonte dos dados: CHESF, 2013. Produção própria dos autores.

Observando os gráficos do monitoramento é possível notar que curvas da cota do reservatório versus o volume acumulado convergem, evidenciando um bom aproveitamento das águas do reservatório e um baixo volume morto. Logo as funções que descrevem o volume final e o volume útil tendem a zero, na barragem Manoel Novaes (Mirorós). Entretanto a forte demanda associada à baixa precipitação indica uma tendência de exaustão do volume útil. O resultado da correlação entre o balanço hídrico normal da região de nascente da barragem Manoel Novaes (Mirorós). (FIGURA 9) e sua respectiva resposta no armazenamento e volume útil na barragem pode ser observada na FIGURA 10, bem como a situação atual do armazenamento e suas tendências num cenário futuro, uma vez que as tendências estão associadas à previsão de precipitação para a região de montante aos barramentos.

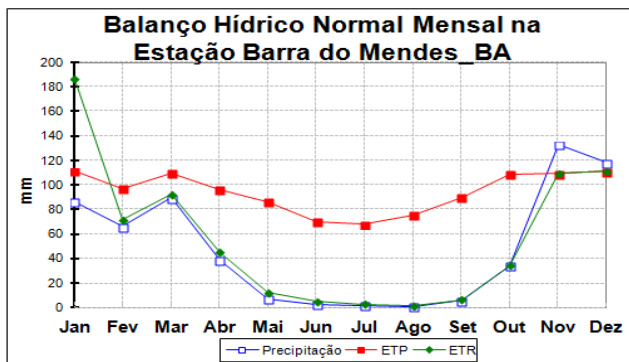


FIGURA 9: Balanço hídrico normal na Estação Barra do Mendes, região de nascente do rio Verde. Fonte dos dados: BAHIA, 1999. Produção própria dos autores.

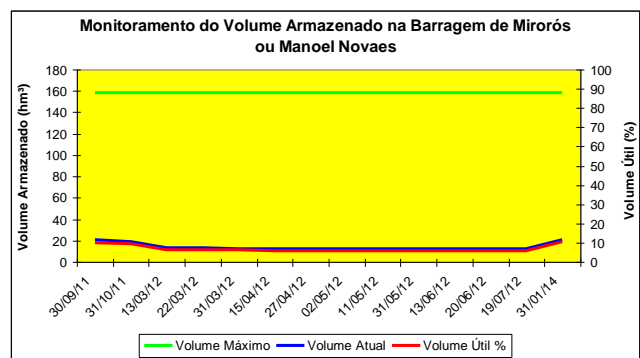


FIGURA 10: Monitoramento da Barragem Manoel Novaes (Mirorós), no período de 30/09/2011 a 19/07/2012. Fonte dos dados: BAHIA, 2011 e BAHIA, 2012. Produção própria dos autores.

No total de 31(trinta e um) anos de amostragem, na estação 47236000 em Ibipecta, os anos considerados normais somaram 4 (quatro), os anos com excedentes 5 (cinco) e os anos de seca 22 (vinte e dois) (FIGURA 11). Na estação 47249000 em Itaguaçu da Bahia, foram amostrados um total de 33 (trinta e três) anos de amostragem os anos considerados normais somaram 10 (dez), os anos com excedentes 5 (cinco) e os anos de seca 18 (dezoito), por este motivo comprovam que a seca é fortemente recorrente na bacia e deve alvo de gestão e medidas preventivas para minimizar seus efeitos e facilitar a convivência (FIGURA 12). Nos períodos amostrados, na estação 47236000 como na estação 47249000, o somatório dos anos normais hidrológicos com os anos com excedentes hídricos são inferiores aos anos com seca. Entretanto a distribuição dos excedentes hídricos é melhor na estação 47249000 (anos com excedente hídrico: 1980, 1981, 1992, 1997 e 2004) que na estação 47236000 (anos com excedente hídrico: 1977, 1978, 1979, 1980 e 1981) indicando que existe uma contribuição eficiente das águas subterrâneas para elevar as grandes vazões e conseqüentemente aumentar sua média. As menores vazões sofreram também grande influência das águas subterrâneas, tendo em vista que a vazão média mínima na estação 47249000 (0,14 m³/s) é 10 (dez) vezes maior do que a vazão média mínima na vazão estação 47236000 (0,014 m³/s).

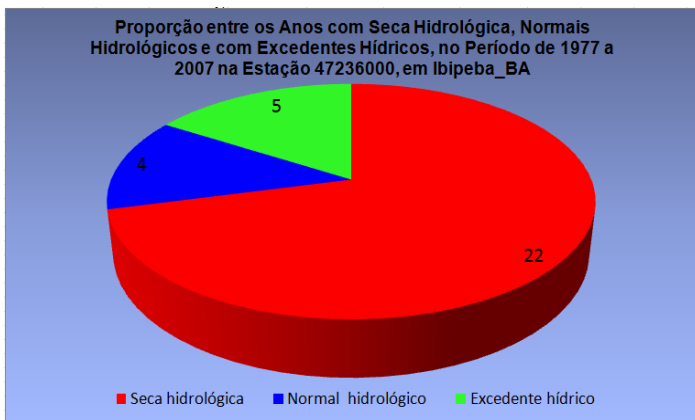


FIGURA 11: Avaliação dos Anos com Seca Hidrológica, Normais e com excedentes Hídricos no Período de 1977 a 2007, na estação 47236000 em Ibipeba_BA. Fonte: BRASIL, ANA, 2012. Produção própria dos autores.



FIGURA 12: Avaliação dos Anos com Seca Hidrológica, Normais e com excedentes Hídricos no Período de 1980 a 2012, na estação 47249000 em Itaguaçu da Bahia_BA. Fonte: BRASIL, ANA, 2012. Produção própria dos autores.

5. CONCLUSÕES - A seca na bacia hidrográfica do rio Verde é um fenômeno do cotidiano da bacia e desta maneira devem ser tratada com normalidade. Desta maneira o comitê da bacia hidrográfica deve estar atento para esta situação, buscando um conjunto de medidas preventivas que minimizem seus impactos.

A geologia da bacia, em sua grande extensão, é favorável a implantação de poços tubulares, em função das boas vazões encontradas no aquífero cárstico, da região.

A barragem Manoel Novaes (Mirorós) não possui condições de regular a vazão na calha do rio Verde com seu volume armazenado, pois sua capacidade de armazenamento é pequena e não possui excedente hídrico. O abastecimento é realizado dentro da bacia hidrográfica para as cidades de: Irecê, Ibipeba, Barra do Mendes, Lapão, Central, Presidente Dutra, Uibaí, São Gabriel, Jussara e fora desta por meio da transposição das águas da bacia hidrográfica do rio Verde para a bacia hidrográfica do rio Jacaré, abastecendo as cidades de Ibititá, Canarana, Barro Alto, João Dourado e América Dourada.

Na estação 47236000, os anos com seca hidrológica, representam 71,0%, os anos normais representam 19,1% e os anos com excedentes hídrico 12,9%. Na estação 47249000, os anos com seca hidrológica, representam 54,5%, os anos normais representam 30,3% e os anos com excedentes hídrico 15,2%. Ficando claro que a seca hidrológica é um episódio comum na bacia, o que já era esperado tendo em vista se tratar de uma bacia inserida em clima semiárido.

A região de Ibipeba possui um déficit hídrico superficial maior do que a região de Itaguaçu da Bahia, tendo em vista que neste trecho do rio Verde possui mais anos com seca hidrológica.

6. RECOMENDAÇÕES - A utilização de poços tubulares na região cárstica, deve ser feita para minimizar os problemas da seca e tirar a tensão existente sobre os volumes utilizados na captação hídrica superficial, principalmente para o abastecimento humano e animal.

A barragem Manoel Novaes (Mirorós) deve ter seus usos priorizados para abastecimento humano e dessedentação de animais, tendo em vista que os anos com seca na bacia são recorrentes e que o reservatório se mostra insuficiente para usos múltiplos.

BIBLIOGRAFIA

BRASIL. (2013). Agência Nacional das Águas (ANA). www.ana.gov.br. Acesso em 30 de outubro de 2013.

BRASIL. (2013). Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF). Contato por email em 10 de outubro de 2013.

BRASIL. (2003) Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais_CPRM; BAHIA, Companhia Baiana de Pesquisa Mineral_CBPM. Sistema de Informações Geográficas – SIG: Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia. Edição atualizada e ampliada. Salvador - BA 1 CD.

BAHIA. (2014). Boletim Semanal de Monitoramento de Barragens. Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Governo do Estado da Bahia. Salvador - BA.

BAHIA. (2012). Boletim Semanal de Monitoramento de Barragens. Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Governo do Estado da Bahia. Salvador.

BAHIA. (2011). Boletim Semanal de Monitoramento de Barragens. Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Governo do Estado da Bahia. Salvador.

BAHIA. (1999). Série Estudos e Pesquisas. Balanço Hídrico do Estado da Bahia. Salvador: Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI), Governo do Estado da Bahia, nº 45, dezembro, 250 p.

GONÇALVES, M. J. de S. Avaliação Quantitativa das Águas Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu no Estado da Bahia – Brasil. 2014. Tese (Doutoramento) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

GONÇALVES, M. J. de S. (2004). Avaliação de Risco de Contaminação do Aquífero Fissural Cárstico da Região de Irecê – Bahia. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente). Universidade Federal da Bahia. 109 p.

UNESCO. (2012). <http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/glossary/glu/PT/GF0612PT.HTM>. Acesso em 07 de março de 2012.