

Rio São Francisco: análise das vazões e conflito energia assegurada versus hidrograma ambiental

Paulo R. F. de M. Bastos
Departamento de Eng. Elétrica
Universidade Federal da Bahia
Salvador, Bahia, Brasil
pbastos@ufba.br

Mônica Silveira
Departamento de Ensino
Instituto Federal da Bahia
Simões Filho, Bahia, Brasil
monica.silveira@ifba.edu.br

Resumo - Este artigo analisa as vazões afluentes e incrementais no Rio São Francisco, em Sobradinho, durante o período 1931~2013, sendo confirmada a hipótese que nos últimos anos há uma grande redução na média e desvio padrão, com significativo agravamento da disponibilidade hídrica nos meses secos, em especial de Julho a Outubro. A correlação entre estas citadas vazões é válida, mas nos anos recentes há menores variações em ambas. As causas devem ser melhor investigadas, porém suspeita-se que esteja associada à retirada irregular e excessiva de água para irrigação na região de cerrado do oeste baiano. Paralelamente, aborda-se o conflito existente entre energia assegurada e hidrograma ambiental, aquele que mantém o ciclo hídrico durante o ano, sendo mostradas justificativas para preservação da energia assegurada e para o hidrograma ambiental. São feitas propostas visando a adoção de um hidrograma alternativo sob algumas condicionantes. Conclui-se pela necessidade imediata de uma política de incentivos a revitalização das nascentes e da mata ciliar, maior fiscalização, e imposição de limites rigorosos à expansão agrícola, sendo urgente a necessidade de discussão das proposições com as empresas, Comitê da Bacia e agências envolvidas.

Palavras-Chave— Análise de vazões, Bacia do São Francisco, Energia assegurada, Hidrograma ambiental, Sobradinho.

I. INTRODUÇÃO

Nestes anos iniciais do século XXI a energia elétrica está incorporada na vida da maioria dos cidadãos, havendo inclusive uma forte relação entre o seu consumo e o desenvolvimento econômico e social dos países. As várias fontes de energia usadas na produção da eletricidade são em geral separadas nas renováveis e não renováveis, destacando-se dentre estas o carvão mineral, petróleo, gás natural e nuclear, que juntas representam cerca de 80% da geração elétrica no mundo [1].

Óbvio que se almejando maior preservação ambiental devem ser priorizadas as fontes renováveis. No mundo, são as fontes hidráulica, eólica e solar que detêm maior participação, enquanto que no Brasil a geração da energia elétrica continua sendo essencialmente hidráulica com contribuição da ordem de 70%, havendo outros 10% de biomassa e eólica [1]. Há dez anos, quando era maior a disponibilidade hídrica em especial

nas regiões Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste tal participação superava 80%.

Acontece que as fontes, como eólica, solar fotovoltaica e hidráulica a fio d' água (sem reservatório de regularização), são intermitentes, sendo importante para o sistema elétrico e para a diversificação da matriz. Entretanto não se constituem em energia assegurada ou de reserva como denominam alguns técnicos do setor. Dentre as renováveis, apenas a biomassa, que pode ser estocada para queima no momento desejado, e a hidráulica, que, quando associada a reservatórios, possibilita manter determinado valor de vazão turbinada mesmo nos períodos secos, são provedoras de energia assegurada. Um bom exemplo disso é a Usina Hidrelétrica de Sobradinho (UHES) no rio São Francisco, que foi concebida com uma significativa capacidade de acumulação de água, suficiente até para enfrentar dois períodos secos consecutivos, o que se constitui no chamado reservatório plurianual.

A motivação deste trabalho é analisar as vazões históricas visando confirmar a hipótese de grave crise hídrica vivida na bacia do São Francisco nas últimas décadas, o que requer medidas urgentes da sociedade. Aproveita-se para examinar o conflito existente entre energia assegurada e a implantação de um hidrograma ambiental [2-4].

Inicia-se pela análise das vazões afluente e incremental em Sobradinho, e da correlação entre ambas. As vazões afluentes são as naturais correspondendo às incrementais em Sobradinho acrescidas das naturais dos reservatórios de Três Marias e Queimado. Aborda-se o conflito entre a energia assegurada e o hidrograma ambiental, destacando-se a importância desta energia para o sistema elétrico, e como podem ser melhoradas as justificativas do hidrograma. Em seguida apresentam-se sugestões com condicionantes que podem contribuir na regulamentação de um hidrograma ambiental alternativo, além das conclusões.

II. ANÁLISE DAS VAZÕES AFLUENTES E INCREMENTAIS EM SOBRADINHO

Foram tomados os dados disponibilizados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) [5] relativos aos anos de 1931 até 2013. De início são feitas análises estatísticas para as

séries correspondentes a vazão afluente em Sobradinho (QA) e para a vazão incremental na mesma usina (QI), compreendendo todo o período, 1931~2013, e tendo sido tomadas as médias mensais. Na Tab.I são apresentados os valores médio, mínimo, máximo e desvio padrão em m³/s para as vazões médias mensais destas duas séries de vazões, QA e QI.

TABELA I. ANÁLISE DAS VAZÕES MENSAIS EM SOBRADINHO (M³/S).

Tipo de vazão	Média	Mínima	Máxima	Desvio Padrão
Vazões Afluentes (QA)	2.642	506	15.676	1.947
Vazões Incrementais (QI)	1.898	366	12.592	1.424

Tanto em QA quanto em QI os máximos ocorreram em março de 1979, enquanto que em setembro de 2002 foram registrados os valores mínimos (Tab.I). Para as afluentes, este mesmo mínimo voltou a se repetir em outubro de 2003.

Na análise a seguir o período 1931~2013 foi desmembrado visando melhor examinar a hipótese de redução das vazões nos últimos anos, especialmente as secas consecutivas após o ano 2000, e assim identificar problemas associados, bem como distinguir a época anterior à construção da Usina Hidrelétrica de Sobradinho (UHES). Uma série de apenas dez ou quinze anos seria estatisticamente pouco representativa, optando-se por definir como período recente os 30 anos de 1984 a 2013, e outro composto pelos anos 1931~1983 (53 anos, dos quais 49 anteriores ao reservatório). A construção de Sobradinho começou em 1973, tendo iniciado a operação em novembro/1979 [6]. A UHES não influencia as vazões afluentes e incrementais no local, porém o uso consuntivo da água tem forte influência, devido à forte expansão agrícola da região do Cerrado no Oeste da Bahia desde a década de 1980.

A seguir a análise das vazões e das correlações.

A. Análise das vazões nos dois períodos

Os dados relativos à primeira série envolvendo os 53 anos, 1931~1983, têm as vazões afluentes identificadas como QA_S1 (série 1); para a série que compreende os 30 anos recentes (1984 a 2013) as vazões afluentes são tratadas como QA_S2 (série 2). De modo análogo as vazões incrementais têm uma simbologia similar: QI_S1 do primeiro período, e QI_S2 da série recente.

A Tab. II apresenta na segunda coluna as vazões mensais afluentes (QA) nos seus valores médio, mínimo e desvio padrão (σ) para os dois períodos mencionados, e na 4ª coluna tais valores para as vazões mensais incrementais (QI). Nas 3ª e 5ª colunas são apresentados os valores em percentual =, sendo que os valores do primeiro período (S1), são tomados como 100% para facilitar a análise. Vê-se que as QA mensais apresentam uma queda na média de 19,8% nos anos recentes, pois o valor médio de QA_S1 era 2.845 m³/s e cai para 2.282 m³/s. Na QA mínima a redução maior percentualmente. Não nos anos analisados, mas em 11/2015, QA foi 294 m³/s devendo ser o novo mínimo histórico [8].

Observando-se os dados da 4ª e 5ª colunas da Tab.II relativos às QI em Sobradinho, vê-se que nos anos recentes (série S2) os valores médio, mínimo e desvio padrão também são menores, com redução percentual ainda maior.

TABELA II. VAZÕES AFLUENTES E INCREMENTAIS MÉDIAS E MÁXIMAS EXAMINADAS COMO SÉRIES DE PERÍODOS DISTINTOS.

Indicador	Afluentes (QA)		Incrementais (QI)	
	(m ³ /s)	(%)	(m ³ /s)	(%)
Média_S1	2.845	100,0	2.079	100,0
Média_S2	2.282	80,2	1.579	76,0
Mínima_S1	645	100,0	474	100,0
Mínima_S2	506	78,4	366	77,2
σ _S1	2.032	100,0	1.501	100,0
σ _S2	1.732	85,3	1.215	81,0

Conclui-se que nos anos da série S2 tanto QA quanto QI registram valores médios e mínimos bem menores comparados ao período S1, sendo nas vazões incrementais os maiores decréscimos, inclusive no desvio padrão.

Sugere-se estudar o completo balanço hidrológico da bacia, de modo a correlacionar com precipitação e evaporação, pois em passado não distante ao visitar a região do alto e médio São Francisco [7], constatou-se uma grande redução de floresta nativa, das matas ciliares, além do uso irregular e excessivo da água para irrigação nos cultivos existentes na área do Cerrado, bem como o alto emprego do pivô central, um método muito ineficiente de irrigação.

O exame dos dados considerando os dois períodos foi feito para as vazões ocorridas nos meses mais secos que são julho, agosto, setembro e outubro. A Tab. III mostra dados referentes às vazões afluentes, estando tais meses indicados nas colunas, e nas linhas para ambos os períodos, as médias das QA, desvio padrão (σ), além do número de ocorrências de QA (Oc.QA) acima de 1.300 m³/s, e estas ocorrências transformadas em probabilidade (Pb.QA).

TABELA III. INDICADORES DE QA NOS MESES MAIS SECOS (M³/S), E NÚMERO DE VEZES QUE A VAZÃO SUPERA 1.300 M³/S.

Indicador	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
Média_S1	1.432	1.236	1.085	1.229
Média_S2	1.059	924	864	951
σ _S1	406,9	328,7	295,8	347,1
σ _S2	208,7	191,9	219,4	330,9
Oc.QA>1.300_S1	28	19	11	21
Oc.QA>1.300_S2	4	0	1	6
Pb.QA>1.300_S1	0,528	0,358	0,208	0,396
Pb.QA>1.300_S2	0,133	0,000	0,033	0,200

De modo semelhante aos dados globais, as médias e os desvios padrão das QA mensais da série recente (S2), são bem menores, por exemplo, a QA média mensal de agosto que é de 1.236 m³/s para os primeiros 53 anos (S1), cai a 924 m³/s na série S2. Em julho, a redução no desvio padrão vai a quase 50%, pois se reduz de 406,9 m³/s para 208,7 m³/s.

Ainda na Tab.III estão indicados os números ocorrências de QA mensal superiores ao valor de 1.300 m³/s, que é a de afluente mínima regulamentada para condição normal [8].

Em agosto ocorreram 19 QA médias maiores que tal valor dentre os 53 anos da Série S1, daí a probabilidade de 0,358, entretanto nos anos recentes (S2) em nenhum dos meses de agosto a referência foi ultrapassada, logo probabilidade zero. Assim, por exemplo, nos meses de setembro do período 1931~83 aconteceram 11 ocorrências de QA média mensal superior a 1.300 m³/s, e isto corresponde a uma probabilidade de 0,208; já nos últimos trinta anos, S2, só há uma ocorrência logo probabilidade de 0,033. Enfim, em todos estes quatro meses analisados a crise hídrica que ocorre nas médias se acentua nestes citados meses dos anos recentes.

Fez-se uma análise similar a anterior para as vazões incrementais (QI), sendo os resultados vistos na Tab. IV. Aqui, o valor de referência para contabilizar o número de vezes que é ultrapassado foi considerado 934 m³/s, que corresponde a proporção entre as médias incrementais e afluente de longo termo, dados mostrados na Tab.1, aplicados sobre o limite das QA de 1.300 m³/s.

Conforme os dados da Tab. IV, as médias de QI dos meses mais secos no período 1931~83 (S1) são bem superiores àqueles do período 1984~13: a média de julho (S1) excede 1.000 m³/s, porém nos anos recentes (S2) fica em 749 m³/s, e nos meses de agosto e setembro as médias de S2 estão abaixo de 700 m³/s. Quanto aos desvios padrão, em todos os meses do período S2 os valores são bem inferiores ao período 1931~83. As ocorrências de QI superiores a 934 m³/s também são bastante raras, sendo a maior probabilidade dos anos 1984~13 verificada em outubro (0,200). Esta situação é muito crítica nestes quatro meses secos.

TABELA IV. INDICADORES DE QI NOS MESES MAIS SECOS (M³/S), E NÚMERO DE VEZES QUE A VAZÃO SUPERA 934 M³/S.

Indicador	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
Média_S1	1.083	948	829	913
Média_S2	749	678	640	701
σ _S1	303,5	250,4	231,8	272,8
σ _S2	154,0	137,9	162,6	247,7
Oc.QA>934_S1	32	22	12	21
Oc.QA>934_S2	4	1	2	6
Pb.QA>934_S1	0,604	0,415	0,226	0,396
Pb.QA>934_S2	0,133	0,033	0,067	0,200

Isto é semelhante ao ocorrido para as vazões afluentes, e confirma a hipótese de que o São Francisco atravessa uma fase extremamente crítica em termos de disponibilidade hídrica. Por fim, para atestar esta situação foram ainda traçadas as curvas de permanência para a série histórica total (1931~13) e para os últimos trinta anos, vindo a compor o gráfico da Fig.1, no qual em vermelho está representada tal curva para o período 1984~13, vendo-se que para todas as frequências as QA dos anos recentes são sempre menores que a da série histórica completa.

B. Correlações entre as vazões afluente e incremental

Foram analisadas as correlações entre as médias mensais das vazões afluentes (QA) e as incrementais (QI) em Sobradinho, compreendendo os períodos desmembrados

1931~83 e 1984~2013. Duas curvas foram feitas, um para cada período, nas ordenadas QA e nas abscissas QI, vistas na Fig.1, onde o inferior (vermelho) é relativo a série recente, S2.

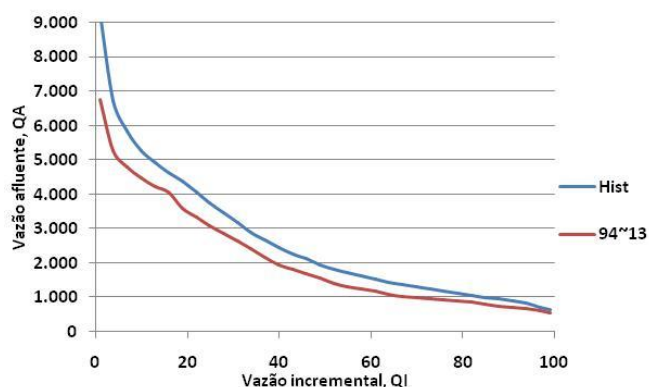


FIGURA 1. CURVA DE PERMANÊNCIA DAS VAZÕES MENSIS (EM AZUL PARA A SÉRIE HISTÓRICA E EM VERMELHO, ÚLTIMOS 30 ANOS, 1984~13).

Nessa figura percebe-se claramente como os valores da série histórica superam os dos últimos trinta anos. Nos gráficos da Fig.2 vê-se que tanto as médias mensais de QA quanto as de QI diminuem nos anos recentes, tendo-se mantido as escalas iguais para permitir melhor visualização desta redução. Em termos das correlações, embora o valor de R² diminua, continuam válidas, pois são maiores que 0,9.

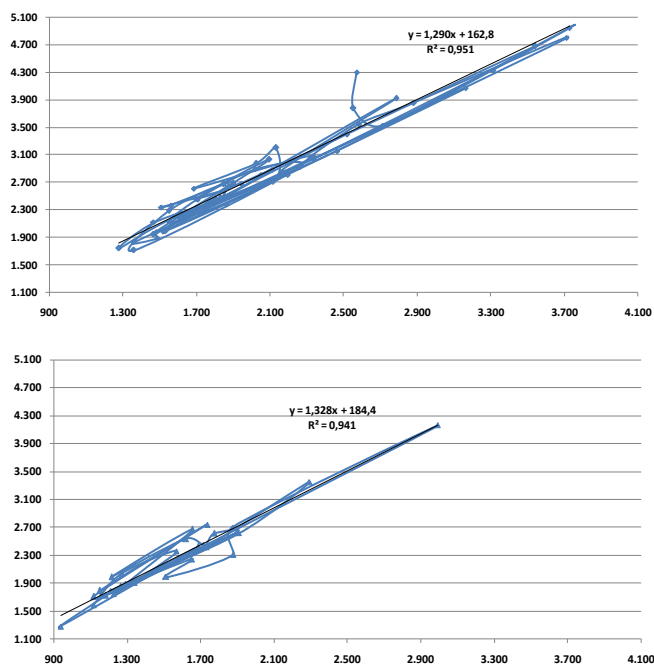


FIGURA 2. VAZÕES AFLUENTES VERSUS VAZÕES INCREMENTAIS - ACIMA SÉRIE 1931~83 E ABAIXO 1984~13, INDICADAS TENDÊNCIAS E CORRELAÇÕES.

III. CONFLITO ENTRE ENERGIA ASSEGURADA E HIDROGRAMA AMBIENTAL

Com a crise hídrica atual no país (o abastecimento de água no Sudeste tem tido restrições e o reservatório de Sobradinho atingiu volume superior a 95% pela última vez em 2009) a participação das fontes renováveis na geração de eletricidade diminuiu para um valor em torno de 70% em 2013 [1], tendo caído a contribuição hidráulica e aumentado as do gás natural e eólica. Em vista da necessidade do mercado e da crise hídrica, as usinas termelétricas têm sido despachadas. Entretanto, os custos da energia elétrica oriunda das termelétricas são maiores e estão sendo repassados aos consumidores com a regulamentação das bandeiras tarifárias. Por outro lado, as usinas construídas mais recentemente na região amazônica tiveram seus projetos revistos passando a ser a fio d'água, com menor potência instalada, ou seja, menores reservatórios e menos energia assegurada.

Nesse contexto, há que se entender da necessidade de energia assegurada no sistema elétrico não apenas em função da segurança no suprimento, mas também devido ao controle requerido da frequência. Isto significa, que a potência suprida no sistema elétrico a todo o momento deva satisfazer a expressão:

$$\sum_{i=1}^n PG_i = \sum_{j=1}^m PD_j + \sum_{k=1}^t PERDAS_k. \quad (1)$$

Onde:

PG_i é a potência em kW gerada na usina i ;

PD_j é a potência demandada na unidade consumidora j ;

$PERDAS_k$ é a potência elétrica relativa a perda no componente k , todas estas grandezas na mesma unidade.

Assim, com a entrada de uma carga como um *shopping center* de porte médio as 9 horas de um dia útil a equação (1) estaria em desequilíbrio e alguma das usinas geradoras deveria aumentar a potência produzida para não permitir queda da frequência. Por outro lado, se o sistema tem grande participação de fontes como eólica e solar, tal controle ficaria dificultado, pois nesta situação na qual uma maior potência é exigida, a central solar poderia ser solicitada a aumentar sua potência despachada, porém sua resposta poderia vir em contrário, reduzindo a potência, caso naquele momento houvesse um sombreamento sobre as placas solares.

A energia assegurada é característica das usinas nucleares, das hidrelétricas com reservatório e das termelétricas, visto que o combustível pode ser estocado, a exemplo do carvão, gás, combustíveis derivados do petróleo e biomassa. Dentre as renováveis eólica, solar e hidrelétricas a fio d'água, apenas esta última tem capacidade de armazenar energia para que a geração aconteça na quantidade e momentos desejados. No Brasil, com grande participação hidráulica na geração de eletricidade a energia assegurada está associada a um risco de 5% no não suprimento do mercado [9].

Ao se construir um reservatório, seja ele com finalidade de abastecimento d'água, irrigação ou geração de energia, o que se deseja é regularizar vazões, através do armazenamento da água, retendo-se o excesso dos períodos úmidos, ou seja, estocando uma parcela da vazão afluente e liberando um valor

menor. A UHE de Sobradinho foi projetada para armazenar água e regularizar vazões por dois anos secos consecutivos com efeitos e ganhos na geração das usinas a jusante.

Assim, conciliar limitações hídricas ambientais e demandas nos diversos tipos de usos se configura uma tarefa complexa e desafiadora, envolvendo vários aspectos (socioeconômicos, físicos, químicos, biológicos, culturais, ambientais, entre outros). Nessa linha, o hidrograma ambiental, como ferramenta fundamental para uma melhor compreensão do comportamento dos rios, tem sido uma reivindicação dos estudiosos da área na perspectiva de restauração dos ciclos de maior e menor vazão do rio relativos aos períodos úmidos e secos, dentro do ciclo hídrico anual, não obedecendo apenas e rigidamente a vazão mínima definida pelo órgão regulador. Os estudos que defendem a implantação do hidrograma apresentam justificativas hidrológicas, ambientais e sócio-econômicas. Aqui, ao destacar as justificativas, são realizadas críticas objetivando que no futuro elas sejam melhor fundamentadas, reconhecendo-se que o maior argumento é minimizar a interferência no ciclo hídrico natural.

No aspecto ambiental muitos colocam que “as alterações nos regimes fluviais contribuíram para a extinção de espécies nativas e para a invasão por espécies exóticas”, como Craig, 2000 citado em [10]. Outros afirmam que a liberação apenas de uma vazão regularizada tem como consequência a diminuição da biodiversidade [2-3, 11]. Acontece que a grande maioria desses estudos, especialmente no Brasil, apenas cita os prejuízos, sem comprovar ou embasar com maior aprofundamento, identificando e listando as espécies ditas prejudicadas. Apenas em [12] se encontra um trabalho com pesquisa de campo e exame de amostras que conclui por uma menor diversidade de peixes em lagoas marginais do baixo São Francisco (SF) quando comparadas a outras do rio das Velhas e médio SF. Entretanto, mesmo [12] realizou amostras nas várias lagoas em meses e anos distintos (desde 2005 a 2008), tomou o mês de Junho no baixo SF como típico do período de cheia (quando sabe-se que a seca é de maio até novembro), e embora constate que as três lagoas do baixo SF têm águas com condutividade e temperaturas mais altas, com índice de oxigênio dissolvido menor, e com maior quantidade de biomassa, não examina ou considera estes fatores como contribuintes à menor diversidade de peixes encontrada.

No aspecto sócio-econômico, há afirmações de que “o comprometimento de lagoas marginais a jusante trazem prejuízos a agricultura e a pesca artesanal” [3,11]; isto se mostra argumento tendencioso ao omitir que os reservatórios permitem a agricultura irrigada e a aquicultura. Para dar embasamento às afirmações, e sendo estudos de engenharia, deveriam quantificar as áreas atingidas destas lagoas marginais e procurar valorar economicamente os ditos prejuízos à pesca artesanal. Alternativamente, as comunidades ribeirinhas podem implantar atividades mais produtivas, ou se adaptar usando novas atividades como o turismo, a exemplo do que aconteceu em Paulo Afonso que já sediou campeonatos de vela, e em Xingó que hoje atrai milhares de turistas/ano para visitar o *cânion*, e o local onde Lampião e seu grupo de cangaceiros foram capturados. Exemplificando, dentre novas atividades há ainda a criação em cativeiro de peixes, camarões

e outras espécies que podem resultar em maior valor agregado. Não desconsiderando o impacto para a biodiversidade, no que tange aos impactos sócio-econômicos, seria o caso de educar e difundir estas opções econômicas.

Há colocações como “o grande entrave para a conservação dos rios no país é a demanda por energia elétrica” feita por Agostinho e outros (2007), citada por [12, p.110]. Interessante observar que os especialistas da área ambiental com tais argumentos execram os reservatórios das hidrelétricas, mas se calam em relação aos reservatórios que regularizam vazões visando abastecimento de água para consumo humano e irrigação. Pior, afirmações assim são tendenciosas, pois a água consuntiva é um prejuízo ambiental maior, afinal, a quantidade de água retirada nem sempre é devolvida à mesma bacia, ou na maioria das vezes se devolve apenas uma parcela, enquanto no caso das usinas hidrelétricas a devolução da água é integral, isenta de contaminação, e realizada apenas poucos metros a jusante.

No caso particular da UHE de Sobradinho, as primeiras propostas de hidrograma ambiental foram apresentadas nos estudos da denominada “rede Ecovazão”, que envolvia várias universidades [3], havendo a sugestão de dois hidrogramas: um para o ano caracterizado como normal e outro para ano seco. Em ambos a vazão defluente é maior nos meses de dezembro a abril, e menor nos demais. Tais hidrogramas [3] são mostrados na Fig.3, sendo ainda indicadas as vazões mínimas definidas pela Agência Nacional de Água (ANA) [8], que é 1.300 m³/s para todos os meses. O hidrograma ambiental proposto para os anos normais tem uma vazão média de 2.020 m³/s, e para anos secos a média é 1.518 m³/s. A Tab. V apresenta as vazões defluentes mensais (m³/s) para estes hidrogramas ambientais.

TABELA V. VAZÕES DEFLUENTES (m³/s) PARA OS HIDROGRAMAS NORMAL E DE ANO SECO EM SOBRADINHO.

Hidrol./Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
Hid.Normal	2.754	3.150	3.097	2.685	1.727	1.588
Ano Seco	2.200	2.300	2.100	1.837	1.271	1.218
Hidrol./Ano	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Hid.Normal	1.448	1.309	1.300	1.300	1.647	2.234
Ano Seco	1.100	1.100	1.100	1.100	1.331	1.740

A situação de “ano seco” ou “ano muito seco” sob o aspecto hídrico foi sugerida em estudo anterior, com base em um índice associado à condição hídrica de anomalia, determinada a partir da vazão média e do desvio padrão [13]. O ano “muito seco”, por exemplo, teria uma QA inferior ao valor médio de longo termo menos um e meio desvio padrão, já o “ano seco” teria uma QA maior que este limite, e menor que o valor médio de longo termo menos meio desvio padrão. Isto aplicado as QA do Posto de Traipu, baixo SF, resultou em identificar 13 ocorrências de ano seco no período anterior a UHES (1939~77), e nenhuma de ano muito seco [13].

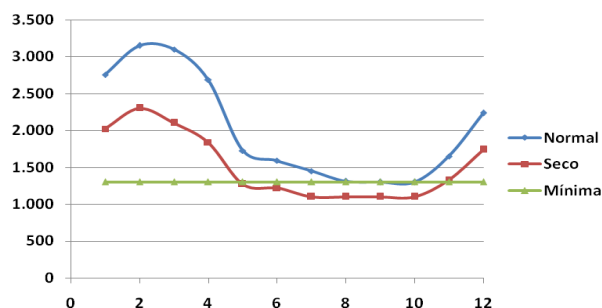


FIGURA 3. HIDROGRAMAS AMBIENTAIS PARA ANOS NORMAL E SECO, E VAZÃO MÍNIMA NORMAL REGULAMENTADA PARA SOBRADINHO.

Usando tal critério e iniciando o ciclo hídrico anual em outubro, para as QA em Sobradinho a média de longo termo é 2.634 m³/s e o desvio padrão de 764 m³/s; verifica-se que há dois anos “muito seco” um dos quais nos últimos 30 anos, e 23 anos “secos” (12 deles na serie S2). Haveria dificuldade para satisfazer o hidrograma ambiental para anos secos em duas oportunidades e para anos normais em 18 ciclos hídricos, 12 dos quais no período 1984~2013.

O conflito entre energia assegurada e hidrograma ambiental deve ser solucionado quando da liberação das licenças ambientais das usinas, pois tentar implementá-lo após a construção, com a usina em operação caracteriza:

- Desprezar a finalidade do reservatório – o mesmo foi feito para regularizar vazões, visando dispor de energia assegurada na forma de água armazenada;
- Deplecionar o reservatório – nos citados hidrogramas, as maiores vazões a liberar estão entre dezembro e abril, logo em lugar de acumular no período úmido se iria deliberadamente liberar água, não consideradas as necessidades de energia, o que poderia implicar para os meses secos seguintes a operação do reservatório sem qualquer garantia das vazões defluentes mínimas, já que a usina se transformaria em usina a fio d’ água.

Logo, para um reservatório já em operação implantar o hidrograma ambiental é abrir mão de energia assegurada, e a forma compensatória exigiria buscá-la oriunda de outras fontes, o que conduziria a construção de termelétricas a gás ou carvão, ou a implantação de usina nuclear. Para a UHE de Sobradinho chegou-se a dimensionar tal compensação que seria da ordem de 1.937,7 MW médios [2].

Seguindo estes argumentos, a imposição de valores elevados de vazões defluentes nos meses de janeiro até abril, como exige o hidrograma ambiental, provoca a seguinte questão: “como iniciar o hidrograma e liberar água em lugar de estocar quando na realidade o futuro é incerto”? Neste contexto, o grande risco é a incerteza quanto ao enchimento futuro do reservatório. Para amenizar tal problema, há a sugestão apresentada em [2] de deslocar a aplicação do hidrograma em 3 ou 4 meses, iniciando-o por exemplo em abril ou maio, visando acumular água até o final do período úmido.

Novas propostas visando a implantação total ou parcial dos hidrogramas ambientais são colocadas no item seguinte.

IV. SUGESTÕES VISANDO IMPLANTAR OS HIDROGRAMAS AMBIENTAIS

O ONS considera, nos estudos dos sistemas regionais, os reservatórios equivalentes; no Nordeste o equivalente é composto por Itaparica, Três Marias, e Sobradinho, este último tendo a contribuição mais significativa. Historicamente a depleção na UHES entre abril e outubro era da ordem de 45%, porém nestes últimos anos com maior disponibilidade das termelétricas e da eólica, tem sido possível vencer o período seco tendo deplecionado em torno de 22,5%. Em 2015, a situação dos reservatórios das regiões Nordeste e Sudeste/Centro-Oeste era crítica até meados de março, mas melhorou um pouco com as chuvas ocorridas no final de março e em abril. O reservatório equivalente do Nordeste estava com 20,1% em 16.03.15, atingiu 27,4% em 26.04, suficiente para chegar a 30.11.15 com cerca de 5%, mas na UHE de Sobradinho atingiu o recorde de 1,1% [8].

Por outro lado, aplicar o hidrograma ambiental para anos secos não é tão crítico. Logo, a primeira proposição envolve a implantação deste hidrograma, deslocado no tempo de modo a iniciar-se em maio como já sugerido em [2], quando atendesse simultaneamente aos seguintes critérios:

- O reservatório equivalente do Nordeste estivesse acima de 40% ao fim do período úmido (abril);
- A classificação da condição hídrica da bacia nos dois últimos anos apresentasse ao menos um destes anos com situação normal, ou úmida ou muito úmida.

Já o atendimento do hidrograma normal, que envolve uma vazão média de 2.020 m³/s pode por em risco o suprimento da região. Então, poderia somente ser implantado quando a capacidade instalada em termelétricas ou nucleares tiver aumentado em cerca de 2.000 MW médios, capacidade que se sacrifica em geração de eletricidade ao crescer a média de vazão defluente do mínimo (1.300 m³/s) para 2.020 m³/s [2].

Alternativamente, enquanto isto não acontece, poder-se-ia implantar um hidrograma correspondente a 85% dos valores propostos mês a mês no hidrograma ambiental para o ano normal, resultando na média de 1.717 m³/s. Isto associado a:

- O reservatório equivalente do Nordeste estivesse acima de 60% ao fim do período úmido (abril);
- A classificação da condição hídrica da bacia nos três últimos anos apresentasse ao menos dois deles com situação normal, ou úmida ou muito úmida.

Em verdade, estas são proposições iniciais para discussão no meio acadêmico, entre especialistas das agências reguladoras e serem levadas ao Comitê da Bacia.

V. CONCLUSÕES

Com a análise da série histórica de vazões afluentes e a incremental em Sobradinho, conclui-se que a situação do rio São Francisco é crítica, visto que as vazões estão diminuindo nas décadas recentes, tanto a média quanto o desvio padrão. Logo, de imediato precisa-se recompor a mata ciliar e revitalizar as nascentes, reduzindo-se o assoreamento e o

material orgânico lançado nas suas águas. Um sugestão é que durante cinco ou dez anos se utilize algo como 60% dos recursos hoje destinados pelo setor elétrico para P&D e eficiência energética à recomposição da vegetação e mata ciliar.

A agência reguladora ANA deve fiscalizar efetivamente as outorgas e proibir novos bombeamentos para irrigação, devendo inclusive a ANEEL retirar progressivamente o subsídio ao produtor rural irrigante que no Nordeste tem descontos de até 90% no preço da energia elétrica. Urge a definição e controle de limites à expansão agrícola e à retirada de água para irrigação em especial na região do cerrado.

A implantação dos hidrogramas ambientais para os anos seco e normal poderia ser feita nos próximos dez anos dentro dos condicionantes sugeridos no item IV, após discussões envolvendo os órgãos competentes.

REFERÊNCIAS

- [1] Brasília. Empresa de Planejamento Energético. Ministério das Minas e Energia. "Balanço Energético Nacional". 2014. Disponível em: <http://www.mme.gov.br>.
- [2] Ferreira, T. V. B. "Hidrogramas ambientais para o baixo curso do rio São Francisco: Avaliação de impactos sobre a geração hidrelétrica". 2014. Universidade Federal de Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, 288 p., abril de 2014.
- [3] Medeiros, Y. D. P.; Pinto, I. M.; Stifelman, G. M.; Faria, A. S. F.; Pelli, J. C. S.; Roddrigues, R. F.; Silva, E. R.; Costa, T.; Boccacio, O. M. X.; Silva, E. B. G. Projeto 3.1 - Participação Social no Processo de Alocação de Água, no Baixo Curso do Rio São Francisco. In: "Estudo do regime de vazão ecológica para o Baixo curso do rio São Francisco: Uma abordagem multicriterial". Universidade Federal da Bahia, 2010.
- [4] Branbilla, M. "Análise de cenários de operação de reservatórios considerando o hidrograma ambiental: estudo no baixo curso do rio São Francisco". 2015. Universidade Federal da Bahia, Salvador. Projeto de Dissertação de Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento.
- [5] Brasília. Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). "Série de vazões naturais médias mensais 1931-2013, em "série histórica de vazões", disponível em http://www.ons.org.br/operacao/vazoes_naturais/asp.
- [6] Brasília. Companhia Hidrelétrica do São Francisco. CHESF. "Sobradinho". Disponível em <http://www.chesf.gov.br/SistemaChesf/Pages/SistemaGeracao/Sobradinho.aspx>.
- [7] Bastos, P. R. F. de M. "Teoria do portfólio aplicada a pequenas centrais hidrelétricas". Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Itajubá, 2002.
- [8] Brasília. Agência Nacional de Águas (ANA). "Boletim de Monitoramento Dos Reservatórios do Rio São Francisco". 2015. Disponível em http://arquivos.ana.gov.br/saladesituacao/BoletinsMensais/SaoFrancisco/Boletim_Monitoramento_Reservatorios_SF_2015_12.pdf.
- [9] Brasília. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). "Energia Assegurada", Cadernos Temáticos 3, 2005.
- [10] Collischonn W., Agra S. G., Freitas, G. K., Priante, G. R., Tassi, R. Souza, C. F. "Em busca do hidrograma ecológico". In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, João Pessoa, novembro de 2005.
- [11] CBHSF - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO. "Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (PBHSF), 2004-2013", Resumo Executivo, 2004.
- [12] Santos, M. L. "Avaliação de alterações em comunidades de peixes e na pesca do baixo curso do rio São Francisco (Brasil) em função de barramentos". Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Lavras, 2009.
- [13] Genz, F., e da Luz, L. D. "Metodologia para considerar a variabilidade hidrológica na definição do regime natural de vazões no baixo curso do rio São Francisco". In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007.