

Utilização do sensoriamento remoto para análise de mudanças na dinâmica da paisagem da Foz do Rio São Francisco

Hugo de Souza Ferreira¹
Betânia Queiroz da Silva²
Rodrigo Tadeu Diniz Bezerra de Albuquerque¹

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM¹
Av. Sul, 2291 - Afogados, Recife - PE - CEP: 50770-011
md_diniz@hotmail.com; hugo_meioambiente@yahoo.com.br

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE²
Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE - CEP: 50670-901
bethqueiroz@gmail.com

Abstract. The River São Francisco today occupies a strategical position in the scene of development of the Northeast Region. Known as River of the National Integration it comes suffering with constant anthropogenic interventions in its course. The necessity to increase the generation of electric energy to supply the demand that guarantees the economic development of the country has been the main factor for construction of successive plants in its course. This process makes with that the natural outflow of the river is controlled, intervening with its hydrological, biological and physical characteristics. The Plant hydroelétrici of Xingó, constructed in the decade of 90 controls the outflow in the Low São Francisco and this control comes modifying the natural process of outflow in its estuary, in result of this the width of its estuary comes diminishing constantly. As the river has lost its natural force and the water of the sea is entering upstream is if becoming common the appearance of species of the fauna never before found in cities that are the 40,0 kilometers of the estuary. This work if considers to analyze and to interpret satellite images characterizing and quantifying its results and correlating them with hydrological data of the same secular sample of the place in the direction to understand the changes in the natural dynamics of this imports river.

Palavras-chave: Flow, image interpretation, environmental impacts, vazão, interpretação de imagem, impactos ambientais.

1. Introdução

A evolução da morfologia costeira é uma consequência direta das modificações no padrão de transporte de sedimentos nas escalas espaciais e temporais. A foz de diversos rios tem vivido aumento de sedimentação seja por questões naturais, ou por questões antrópicas.

As águas do São Francisco a partir da década de 1950 vêm passando por várias intervenções na sua calha fluvial, principalmente as construções de hidroelétricas que motivaram sucessivos impactos na dinâmica do Rio. A partir de 1997 fica mais evidente o aumento na carga sedimentar do rio, em relação a sua energia, que promove a alocação de uma maior quantidade de sedimentos no limite do arco de deposição na foz, o que leva a crer que podem ser fruto das alterações promovidas pela construção da Usina Hidrelétrica de Xingó, que entrou em atividade em 1994, segundo Felipe et al.

Neste trabalho além da interpretação e do cálculo das áreas de sedimentação da foz do Rio São Francisco nas imagens landsat5, será comparado os dados de descarga líquida medidos na estação fluviométrica de Piranhas antes e depois do início da operação da UHE de Xingó. Com isso pretende-se chegar à conclusão de que o estreitamento da Foz do Rio São Francisco está diretamente ligado ao início das operações da UHE de Xingó, que vem provocando uma diminuição das vazões do rio e como consequência uma “perda de força” na foz fazendo com que as águas do mar sigam rio acima ocasionando o aparecimento de espécies de hábitos marinhos (siri) na Cidade de Penedo, distante 40,0 Km da foz, como citado em reportagem no dia 04/08/2008 no site Repórter Brasil:

“O rio São Francisco frequentemente está registrando baixas vazões em sua foz (em fevereiro de 2008 foi de 1.100 m³/s, inferior, portanto, à vazão mínima estipulada pelo IBAMA, de 1.300 m³/s), consequência direta dos mais variados usos a que suas águas são submetidas. Da geração e transmissão de energia para o Nordeste e para outras localidades do país, passando pelos projetos de irrigação, pelo abastecimento das populações até chegar à expressiva evaporação reinante no ambiente.

Diante de tudo isso, parece que as incursões das águas do mar pelo interior do rio estão sendo maiores do que as incursões naturais das águas do rio em direção oposta. Em outras palavras, o rio São Francisco está perdendo a luta contra o mar, o ambiente que antes era rio está salinizando e a prova disso são a visita inesperada do siri a Penedo e a captura de peixes de hábitos marinhos em algumas localidades ribeirinhas do Velho Chico”.

2. Procedimentos metodológicos

2.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo localiza-se na desembocadura do Rio São Francisco no oceano Atlântico, entre as Cidades de Piaçabuçu - AL e Brejo Grande - SE. O curso principal da Bacia do Rio São Francisco tem 2.696 km de extensão. A Bacia costuma ser dividida em quatro regiões fisiográficas, sendo a área da pesquisa denominada de Baixo São Francisco que vai de Paulo Afonso até a Foz, uma área de 36.959 km² que representa 6% do total da Bacia do São Francisco, segundo a ANA (2006). Ver Figura 1.

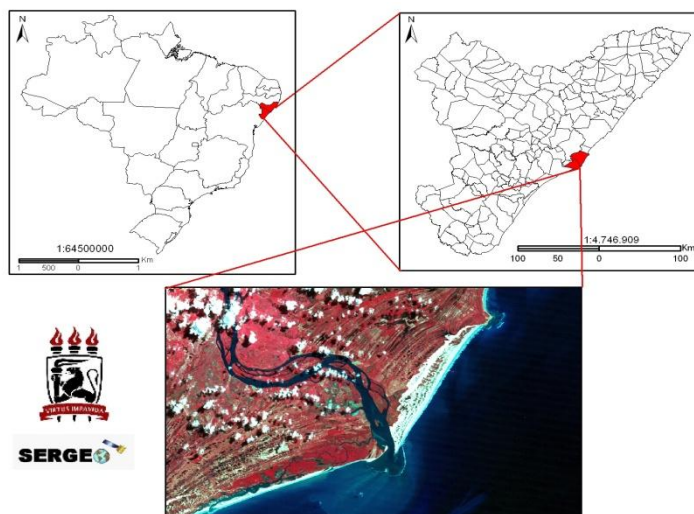


Figura 1: Mapa de localização da Foz do Rio São Francisco

A Usina Hidrelétrica de Xingó está localizada entre os Estados de Alagoas e Sergipe, situando-se a 12,0 km do Município de Piranhas/AL e a 6,0 km do Município de Canindé do São Francisco/SE. Está posicionada com relação ao São Francisco a cerca de 65,0 km à jusante do Complexo de Paulo Afonso e a aproximadamente 179,0 Km da Foz. Compreendem o represamento de Xingó as seguintes estruturas: barragem de enrocamento com cerca de 140,0 m de altura máxima; na margem esquerda (AL) situa-se o vertedouro de superfície com duas calhas e 12 comportas com capacidade de descarga de 33.000 m³/s; na margem direita (SE) estão localizados os muros, tomada d'água, condutos forçados expostos, casa de força, canal de restituição e os diques de seção mista, totalizando o comprimento da crista em 3.623 metros. O volume total do reservatório é da ordem de 3.800 x 10⁶ m³. As obras de construção da Usina de Xingó começaram em março de 1987 e a sua operação teve início em dezembro de 1994, CHESF (2010).

A vegetação de floresta aparece na Bacia onde o clima é úmido e subúmido, nestas áreas há presença de solos de alta fertilidade, como exemplo, as faixas costeiras de Sergipe e Alagoas. Já a caatinga encontra-se nas áreas de clima árido e semiárido, que fica mais a oeste do Baixo São Francisco. O Rio na sua área da foz possui grande potencialidade para o desenvolvimento da aquicultura, com atividades de produção e comércio tanto em Cidades de Alagoas como em Sergipe. A região também apresenta grande potencialidade de desenvolvimento para as atividades de apicultura e ovinocaprinocultura, já existindo diversos empreendimentos implantados e em implantação, CODEVASF (2010).

2.2 Materiais

- Dados em formato *Shapefile* da bacia do São Francisco.
- Imagem TM/Landsat5 órbita-ponto 214/067 de 10/06/1984.
- Imagem TM/Landsat5 órbita-ponto 214/067 de 05/06/1988
- Imagem TM/Landsat5 órbita-ponto 214/067 de 11/06/1990
- Imagem TM/Landsat5 órbita-ponto 214/067 de 09/06/1995
- Imagem TM/Landsat5 órbita-ponto 214/067 de 05/09/2004
- Imagem TM/Landsat5 órbita-ponto 214/067 de 26/08/2006
- Software de Sistema de Informações Geográficas ArcGIS 9.3 (licença do Grupo de Pesquisas em Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – SERGEO, do departamento de geografia da UFPE).

- Software de processamento digital de imagens ERDAS 9.3 (licença do Grupo de Pesquisas em Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – SERGEO, do departamento de geografia da UFPE).
- Série histórica de dados de vazão da estação fluviométrica de Piranhas-AL

Foram adquiridas a partir do banco de dados disponível no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE 6 imagens de satélite, TM/Landsat5 órbitas-ponto 214/067 com uma variação 2 a 4 anos, as imagens foram compostas em composições coloridas, 5(R), 4(G), 3(B) e corrigidas geometricamente com um polinômio de 1º ordem no software de processamento digital de imagens ERDAS 9.3 adotando a projeção UTM e o datum SAD69.

No Software ArcGIS 9.3 foi efetivado o recorte, a vetorização do banco de areia e o cálculo da área da sedimentação, a partir de então se iniciou um processo de comparação e análise das imagens referentes à desembocadura do Rio São Francisco, os resultados foram qualificados e quantificados de acordo com o seu respectivo ano de ocorrência para posterior efeito de comparação.

Extraíram-se de forma manual os valores correspondentes à largura e aos recuos das margens dos anos para detalhamento dos fenômenos relacionados a este estudo.

A estação fluviométrica de Piranhas está em funcionamento desde novembro de 1926 (muito antes da instalação da usina de Xingó), tendo suas atividades coordenadas pela Agência Nacional de Águas – ANA e sendo operada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. Está localizada a jusante da UHE de Xingó, nas coordenadas 09°37'34" S e 37°45'22" W. A largura da seção de medição de descarga líquida de Piranhas é de 397,18 m e sua profundidade na seção supera os 30,0 metros, ANA (2010).

3. Análise da vazão do Rio São Francisco em Piranhas – AL no período de 1979 a 2006

A CPRM realiza visitas técnicas tanto para executar atividades de manutenção na estação fluviométrica quanto para medição de descarga líquida. A estação de Piranhas é classificada segundo critérios da ANA como sendo do tipo **FDSQ**, isto é; **F**luviométrica (medição de nível da água), **D**escarga líquida (medição de vazão), **S**edimentométrica (medição de sedimentos em suspensão) e **Q**ualidade de água (medição de parâmetros de qualidade de água). Normalmente são realizadas quatro visitas ao ano.

O deslocamento da água na superfície da bacia, nos rios, canais e reservatórios é uma das parcelas mais importantes do ciclo hidrológico. O escoamento superficial é regido por leis físicas e representado quantitativamente por variáveis como vazão, profundidade e velocidade, sendo impulsionado pela gravidade para as cotas mais baixas, vencendo principalmente o atrito com a superfície do solo. O escoamento manifesta-se inicialmente na forma de pequenos filetes de água que se moldam no microrrelevo do solo. A erosão de partículas do solo pelos filetes em seus trajetos, aliada à topografia preexistente, molda uma microrrede de drenagem que converge para a rede de cursos de água mais estável, formadas por arroios e rios. A vazão, ou descarga líquida, é, por definição, o volume de água que atravessa uma seção transversal de um curso de água durante uma determinada unidade de tempo, Tucci (2007).

Existem vários métodos de medição de vazão. O método mais utilizado no Brasil é o método da medição das velocidades no fluxo de água do rio. A descarga líquida que atravessa uma área infinitamente pequena pode ser descrita como $Q = V \times dS$, onde V é velocidade do fluxo e dS é a área da seção do rio. O conhecimento da velocidade do fluxo em todos os pontos de uma seção permite calcular a vazão. Na prática, as medições de velocidade são operadas em um número limitado de pontos representativos da velocidade dentro da seção

transversal do rio. Para se medir a velocidade em cada ponto de medição é utilizado um equipamento específico chamado molinete hidrométrico, Tucci (2007).

Desde o início das operações da Usina Hidroelétrica de Xingó, em dezembro de 1994, a vazão do Rio São Francisco foi regularizada e dificilmente ultrapassa os 2500,00 m³/s. Entre os anos de 1979 e 1992 (período anterior ao início das operações da UHE) a estação fluviométrica de Piranhas, operada pela CPRM, chegou a medir vazões em épocas de cheias que variaram de 11594,00 m³/s a 9670,00 m³/s. O maior pico de vazão após o início das operações chegou a 5691,00 m³/s no mês de fevereiro de 2007, o que representa menos de 50% do valor do mês de março de 1979. No período entre os meses de abril de 1995 e setembro de 2002 as vazões medidas na estação fluviométrica de Piranhas não chegaram a 2500,00 m³/s como pode ser observado na Figura 2. Entre os anos de 1979 e 2004 houve uma diminuição de vazão média mensal na ordem de 53,28% passando de 3757,08 m³/s para 1755,21 m³/s.

A redução da vazão do Rio São Francisco diminuiu a sua resistência contra a “invasão” da maré, isto causa impactos na fauna aquática e possivelmente está contribuindo para que ocorra o estreitamento da foz do São Francisco.

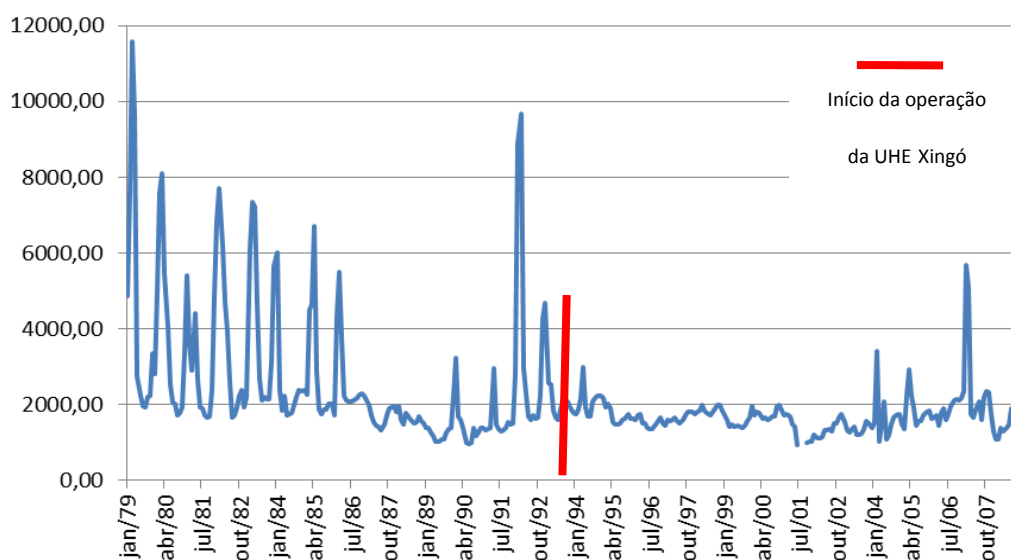


Figura 2. Vazões medidas na estação fluviométrica de Piranhas

A largura da foz do Rio também diminuiu em 37,66% passando de 1195,0 metros no ano de 1984 para 745,0 metros no ano de 2006. A Figura 3 mostra as seis imagens de satélite que foram analisadas. A primeira delas do ano 1984 mostra que naquela época a foz do Rio São Francisco media cerca de 1195,0 metros, nessa época ainda não existia a UHE de Xingó. Na segunda imagem, referente ao ano de 1988, após o início das obras e com o rio já desviado houve um recuo de 137,0 metros, e a foz passou a medir 1058,0 metros. Na terceira imagem, no ano de 1990 o recuo é de 185,0 metros e a largura então é de 873,0 metros. No ano de 1995 o recuo continua e a foz diminuiu em mais 142,0 metros passando a ter 731,0 metros. Em 2004 ocorre uma pequena recuperação e a largura passa a ser de 814,0 metros, tendo um acréscimo de 83,0 metros. Na última imagem já em 2006 a foz recua mais 69,0 metros e chega a 745,0 metros de largura.

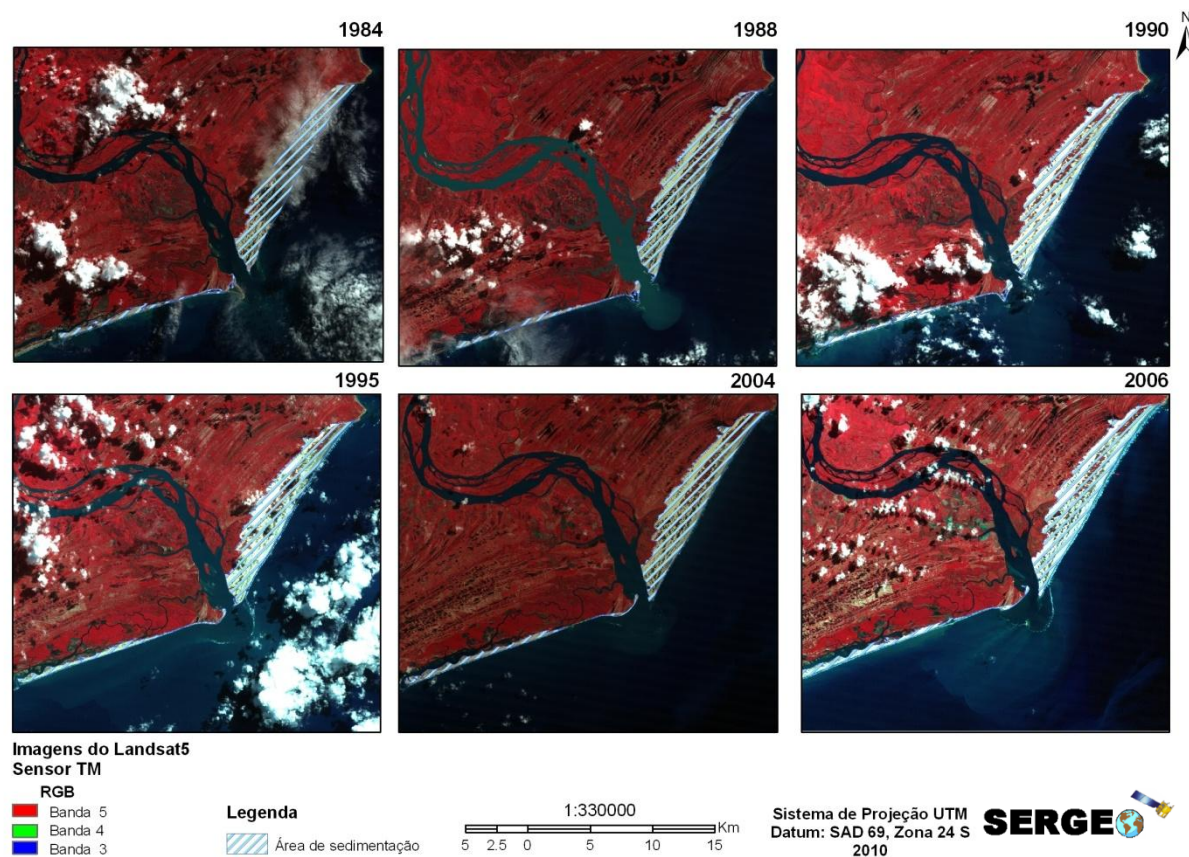


Figura 3. Evolução do estreitamento da foz do Rio São Francisco entre os anos de 1984 e 2006

O aumento de sedimentação na foz do Rio também apresentou dados significativos, conforme observado na Tabela 1, que mostra um aumento entre os anos de 1984 e 2006 de aproximadamente 24,64% do depósito sedimentar. Todo acúmulo de sedimentos nesta área tem uma relação direta com a diminuição da vazão do Rio. Visto que, quando a vazão do Rio diminui o banco de areia na costa aumenta, é importante observar que no ano de 2004 quando a vazão teve um pequeno acréscimo à área de sedimentação pouco variou, aumentando apenas em mais 20 ha em relação a 1995.

Tabela 1: Dados de cálculo de área da sedimentação na Foz do Rio São Francisco em hectare

ANO	1984	1988	1990	1995	2004	2006
ÁREA (ha)	3486	3699	3939	4056	4076	4345

4. Impactos Ambientais e Consequências sociais

Compreender a distribuição espacial dos dados oriundos de fenômenos ocorridos no espaço constitui hoje um grande desafio para elucidação de questões centrais em diversas áreas do conhecimento, Druck (2004).

Todos os rios tendem a atingir um equilíbrio dinâmico entre a sua descarga, velocidade média, carga sedimentar e a morfologia de seu leito, plantas e animais aquáticos são adaptados a estas condições específicas. O represamento de um rio significa uma interrupção de um sistema aberto e de transporte por um sistema mais fechado e de

acumulação. Consequentemente, a construção de uma represa representa um impacto direto para a geometria hidráulica de um rio, resultando em fortes modificações hidrológicas, hidroquímicas e hidrobiológicas, que não somente afetam a área do próprio reservatório, mas também a área a montante da represa e, no caso da biota, até a área a jusante dela, Junk (1990).

Em geral, porém, o represamento resulta na transferência ou na migração de animais para áreas já ocupadas, provocando uma superpopulação temporária e um stress para o sistema inteiro. No melhor dos casos, isso pode resultar num aumento das populações anteriormente reduzidas por caçadores. Estas populações, porém, serão reduzidas rapidamente nos anos seguintes, se não se exercer um controle rígido dos caçadores e uma proteção dos *habitats* naturais ao redor das represas. No pior dos casos, o acesso fácil para áreas anteriormente inacessíveis e não-colonizadas nas margens das represas acelerará a exploração indiscriminada de recursos naturais, bem como acarretará o aparecimento de espécies exóticas, como foi o caso do aparecimento de siris nas margens próximas à Cidade de Penedo distante cerca de 40,0 Km da foz do Rio São Francisco.

Neste contexto ainda temos o deslocamento forçado de centenas ou milhares de famílias em decorrência da inundação de suas terras. Segundo o Movimento dos Atingidos por Barragens (MAB), já são mais de 200.000 famílias deslocadas no Brasil em função da construção de barragens, a grande maioria formada por agricultores com pouca instrução escolar, que tiveram de ir para as cidades ou aceitar terras bem menos apropriadas para a agricultura, o que trouxe graves consequências sociais, ISA (2010).

Em sua foz, no Município de Brejo Grande um vilarejo chamado Cabeço foi engolido pelo mar. Igreja, escola, prefeitura, tudo está submerso. O farol, erguido em 1876, ficava a 1,5 km do oceano e, agora, está dentro da água. Isto é um retrato das modificações que a paisagem da Foz do São Francisco tem sofrido.

5. Considerações finais

Com o crescimento da produção industrial do Brasil torna-se necessária a ampliação do potencial de geração de energia elétrica e evidentemente as usinas hidroelétricas são necessárias pra suprir a demanda por energia. Quando comparada com outras fontes de geração de energia as usinas hidroelétricas são relativamente limpas, deve-se, porém, tentar diminuir ao máximo os possíveis impactos ambientais decorrentes do funcionamento dessas usinas, para tanto se faz necessário monitorar constantemente as modificações da paisagem nos entornos das usinas. O sensoriamento remoto é uma ferramenta eficaz tanto para análise temporal quanto espacial. No caso do estreitamento da foz do Rio São Francisco foi possível medir a foz em épocas diferentes sem necessariamente realizar visitas ao campo, que além de onerosas, muitas vezes são atividades difíceis de serem executadas por conta das condições do tempo e da maré. Fazem-se necessários estudos que corroborem a relação entre a redução de vazão e o estreitamento da foz do São Francisco.

6. Referências

Druck, S.; Carvalho, M.S.; Câmara, G.; Monteiro, A.V.M. (eds) "Análise Espacial de Dados Geográficos". Brasília, EMBRAPA, 2004 (ISBN: 85-7383-260-6).

Felippe, M. F.; Maia-Rodrigues, B. H.; Magalhães Júnior, A. P. Uso de técnicas de sensoriamento remoto na análise da dinâmica morfológica da foz do rio São Francisco no período de 1979 a 2008. In: Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 3737-3744.

Junk, W. J.; Mello, J. A. S. N.; "Impactos Ecológicos das Represas hidrelétricas na Bacia Amazônica Brasileira". São Paulo, 1990 (ISSN: 0103-4014).

Tucci, C.E.M. (Org.). 2007. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4a Ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 943p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 4).

Tucci, C.E.M. (Org.). 2007. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4a Ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 502p a 505p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 4).

ANA. Agência Nacional de Águas. 2010. Disponível em: <http://www.ana.br>. Acesso em: 18 de maio de 2010.

CHESF. Companhia Hidroelétrica do São Francisco. 2010. Disponível em: <http://www.chesf.gov.br>. Acesso em: 18 de maio de 2010.

CODEVASF. Companhia de Desenvolvimento do vale do São Francisco. 2010. Disponível em: <http://www.codevasf.gov.br/osvales/vale-do-sao-francisco/vegetacao>. Acesso em: 18 de maio de 2010.

ISA. Instituto Socioambiental. 2010. Disponível em: <http://www.socioambiental.org/>. Acesso em: 10 de novembro de 2010.

Repórter Brasil. Disponível em <http://www.reporterbrasil.org.br/exibe.php?id=1403>. Acesso em: 18 de novembro de 2010.