



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA NO ALTO SÃO FRANCISCO E SUA RELAÇÃO COM INTERVENÇÕES ANTRÓPICAS.

Djane Fonseca da Silva¹; Josicleda Dominiciano Galvêncio²; Djnane Fonseca da Silva³;
Henrique Ravi Rocha de Carvalho Almeida⁴

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi investigar a qualidade da água e os impactos ambientais relacionados na bacia do Alto São Francisco. Os seguintes parâmetros de qualidade da água foram avaliados: temperatura da água, pH (potencial hidrogeniônico), condutividade elétrica, oxigênio dissolvido (OD), cloreto, chumbo, cádmio, zinco, ferro e manganês, os quais foram obtidos junto a Agência Nacional das Águas. Na região da Usina hidrelétrica de Três Marias e proximidades, os recursos naturais estão comprometidos seriamente e a qualidade de água é a pior da região. Nessa área a concentração de chumbo atingiu máximos valores de 30,1 mg L⁻¹ e 56 mg L⁻¹. Foram sugeridas práticas conservacionistas no uso e manejo do solo, planejamento urbano, monitoramento da qualidade hídrica, proteção das áreas marginais e implantação de projetos de educação ambiental, entre outras.

Palavras-chave: uso e manejo do solo, usina hidrelétrica de Três Marias, oxigênio dissolvido, poluição hídrica e degradação ambiental.

SPACE-TEMPORAL ANALYSIS OF PARAMETERS OF WATER QUALITY IN THE HIGH SÃO FRANCISCO AND ITS RELATION TO HUMAN'S INTERVENTIONS.

ABSTRACT

The objective of the present work was to investigate the quality of the water and the related ambient impacts in the basin of the High San Francisco. The following parameters of quality of the water had been evaluated: temperature of the water, pH (potential hydrogenionic), electric condutividade, dissolved oxygen (OD), chloride, lead, cadmium, zinc, iron and manganese, which had been gotten through to National Agency of Waters. In the region of the Hydroelectric of Three Marias and neighborhoods, the natural resources are compromised seriously and the quality of water is the worse one of the region. In this area the lead concentration reached maximums values of 30.1 mg L⁻¹ and 56 mg L⁻¹. Practical conservatives in the use and handling of the ground, urban planning, monitoring of the hydric quality, protection of the areas edges and implantation of projects of ambient education had been suggested, among others.

Key-words: use and handling of the ground, hydroelectric of Three Marias, dissolved oxygen, hidrics pollution and ambient degradation.

Trabalho recebido em 07/05/2009 e aceito para publicação em 04/06/2009.

¹ Pós-doutoranda no Curso de Geografia, CFCH-UFPE, Avenida Acadêmico Hélio Ramos, s/n, 6º andar, sala 609, LABGEO - Cidade Universitária - 50.740-530, Recife-PE. e-mail: djane Fonseca da Silva@yahoo.com.br;

² Prof. Dr. Departamento de Ciências Geográficas, CFCH-UFPE. e-mail: josicleda@hotmail.com;

³ Mestre em Arqueologia e Conservação do Patrimônio, CFCH-UFPE. e-mail: djnanefonseca@hotmail.com;

⁴ Mestre em Ciência Geodésica, CTG -UFPE, e-mail: henrique_ravi@yahoo.com.br.

1. INTRODUÇAO

A exploraao desordenada dos recursos naturais, o uso inadequado dos solos, o desmatamento irracional e o uso indiscriminado de fertilizantes, corretivos e agrotóxicos vêm provocando inúmeros problemas ambientais, principalmente em áreas de nascentes e ribeirinhas, alterando a qualidade e quantidade de água drenada pela bacia hidrográfica (ANDRADE PINTO et al., 2004).

A quantidade e qualidade de água das nascentes de uma bacia hidrográfica podem ser alteradas por diversos fatores, destacando-se a declividade, o tipo de solo e o uso da terra das áreas de recarga, pois influenciam no armazenamento da água subterrânea e nas águas das nascentes e dos cursos d'gua. Assim, faz-se necessário o estudo das interaoes dos recursos e das aoes antrópicas na bacia hidrográfica, uma vez que, segundo Pereira (1973) apud Lima (1986), a conservaao da água não pode ser conseguida independentemente da conservaao dos outros recursos naturais.

Deste modo, a caracterizaao, monitoramento e tentativa de recuperaao do meio físico das bacias hidrográficas, em especial, as áreas de recarga das nascentes, com o intuito de levantar as áreas críticas visando  manutenao da água, são condioes básicas para o sucesso do

planejamento, da conservaao e da produçao de gua.

De acordo com Likens et al. (1967) análises de parâmetros de qualidade de água podem apontar as operaoes que envolvem o uso e o manejo do solo como as que mais exercem influência na qualidade da água de uma microbacia.

Já Salata et al. (1988) discutem que além das atividades relacionadas ao uso e manejo do solo, intervenoes na vegetaao e nas estradas e vias de acesso são também consideradas importantes modificadoras de parâmetros qualitativos, por serem fontes potenciais de turbidez da gua (VARZHEMIN, 1972; DOUGLAS & SWANK, 1975).

Segundo Tucci (2002), aoes antrópicas sobre os sistemas hídricos e alteraoes da superfície da Bacia tem impactos significativos sobre o escoamento. Podem ocasionar mudanças importantes sobre os sistemas hídricos: desmatamento através da extraao seletiva de madeira, plantio de subsidiência, culturas permanentes.

Da Silva et al. (2007) ao analisarem parâmetros de qualidade de água na bacia hidrográfica do rio Mundaú concludiram que a região do Alto Mundaú (cabeceiras do rio) apresentava-se altamente poluída devido atividades agrícolas e carvoarias, podendo afetar diretamente o Médio

Mundaú. Já o Baixo Mundaú, que é uma área ecologicamente vulnerável e que também está sofrendo com o processo de poluição hídrica, tem seus impactos causados pela poluição amenizados pela biodiversidade local, a exemplo dos mangues que filtram parte dos compostos presentes no rio, e pela localização estratégica próximo ao mar, onde o rio deságua e promove trocas com a região.

Constantes revolvimentos no solo, sem tecnologia adequada, resultam no maior problema da prática agrícola, a erosão hídrica, que compromete os recursos naturais e põe em risco a produção econômica, pela degradação dos solos e assoreamento dos mananciais que, por sua vez, influenciam na qualidade e disponibilidade da água, ZOCCAL (2007).

Baracuhy et al. (2007) acrescenta que a erosão hídrica dos solos constitui um dos mais importantes fatores de degradação ambiental. Os sedimentos decorrentes dessa erosão vão se depositar a jusante, tornando estéreis terrenos agrícolas ou assoreando e matando rios e zonas inundadas.

Schumacher & Hoppe (1998) cita que quanto mais preservada a mata ciliar, menor o escoamento superficial e maior a infiltração (menores danos). Quanto mais se apresentar desprotegido o solo maior o escoamento superficial e menor a

infiltração (maiores danos ambientais). Isso nos mostra como a preservação da mata ciliar é importante tanto para a qualidade da água quanto para a não ocorrência dos impactos ambientais.

Parâmetros de qualidade de água também podem ser usados como indicativos de degradação ambiental. O pH, por exemplo, reflete o tipo de solo por onde a água percorre. Em lagoas com grande população de algas, nos dias ensolarados, o pH pode subir muito, chegando a 9 ou até mais. Isso porque as algas, ao realizarem fotossíntese, retiram muito gás carbônico, que é a principal fonte natural de acidez da água. Geralmente um pH muito ácido ou muito alcalino está associado à presença de despejos industriais.

O parâmetro condutividade elétrica também é importante, no entanto, não determina, especificamente, quais os íons que estão presentes em determinada amostra de água, mas pode contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram na bacia de drenagem ocasionados por lançamentos de resíduos industriais, mineração, esgotos, etc.

Do ponto de vista ecológico, o parâmetro oxigênio dissolvido (OD) é uma variável extremamente importante, pois é necessário para a respiração da maioria dos

organismos que habitam o meio aquático. Geralmente o OD se reduz ou desaparece, quando a água recebe grandes quantidades de substâncias orgânicas biodegradáveis encontradas, por exemplo, no esgoto doméstico, em certos resíduos industriais, no vinhoto, e outros. De acordo com a legislação brasileira do CONAMA (1986), em caso de rios (água doce) onde a água é utilizada para abastecimento público, após tratamento convencional da água, recreação e irrigação de hortaliças, esse manancial deve apresentar concentração de OD > 5,0 mg L⁻¹.

Apesar da diversidade em sua flora e fauna, observa-se que a bacia hidrográfica do rio São Francisco apresenta pequeno número de unidades de conservação. Além disso, também é fato comprovado o quadro de crescente degradação ambiental (PBHSF, 2004), em que se verifica a perda da biodiversidade e a alteração dos ecossistemas aquáticos. Tal degradação é decorrente da deficiência dos serviços de saneamento, da construção de grandes barragens e das atividades industriais e agrícolas na bacia, com prejuízos à qualidade da água, o que indica a necessidade de ações tanto de caráter educativo e preventivo quanto de recuperação e adaptação. Diante disso, o planejamento territorial, associado a outras medidas de caráter preventivo como, por exemplo, educação e acesso a informações,

organização do planejamento urbano, construção de bacias de retenção, proteção das áreas marginais aos cursos de água, é um instrumento eficaz e de baixo custo para controle de poluição, o qual pode gerar resultados muito positivos no gerenciamento e controle da poluição hídrica de uma região.

O objetivo principal desse trabalho é o de analisar a variabilidade espaço-temporal de parâmetros de qualidade de água na região do Alto São Francisco (ASF), componente da bacia hidrográfica do rio São Francisco, e adicionalmente, verificar intervenções antrópicas na região.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

De acordo com a CODEVASF (2001), a área da Bacia hidrográfica do rio São Francisco abrange partes do território dos Estados de Minas Gerais, Bahia, Goiás, Distrito Federal, Pernambuco, Alagoas e Sergipe. A mesma está compreendida entre as latitudes de 7°00' a 21°00'S e longitudes de 35°00' a 47°40' W e deste modo está inserida nas Regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. O complexo da Bacia se posiciona no sentido norte-sul até a confluência com o rio Urucuia, onde inicia um grande arco com direção norte-nordeste até a cidade de

Cabrobó (PE), girando, então, para leste e, logo depois, para sudeste, até a foz.

O Alto São Francisco (ASF) vai desde suas nascentes na Serra da Canastra, município de São Roque de Minas, no Estado de Minas Gerais, até a cidade de Pirapora (MG). Abrange as sub-bacias dos rios das Velhas, Pará e Indaiá, além das sub-bacias dos rios Abaeté, a oeste, e Jequitaiá, a leste (Figura 1). Situa-se em área de MG, abrangendo a usina hidrelétrica de Três Marias e apresenta topografia ligeiramente acidentada, com serras e terrenos ondulados e altitudes de 1.600 a 600 m.

O ASF apresenta topografia levemente ondulada, entalhada em arenito, ardósias e calcários. O ASF tem temperatura média anual de 23°C, evaporação de 2.300 mm anuais e as chuvas entre 1.500 e 1.000 mm anuais.

Da Silva et al. (2001) ao estudarem a distribuição espaço-temporal das chuvas na bacia hidrográfica do rio São Francisco, concluíram que o principal mecanismo produtor de precipitação é a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), causada principalmente pelas frentes frias. Em muitos casos, no período de novembro a março, as frentes frias ficam estacionadas sobre o estado de Minas Gerais e sul da Bahia por um período superior a uma semana. Entre agosto e novembro, a

ausência da ZCAS é notável. Da Silva (2003) destacou os principais mecanismos que influenciam a produção de precipitação sobre a bacia hidrográfica do rio São Francisco. A saber, os sistemas frontais, a ZCAS, os bloqueios atmosféricos, os Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCANs), e indiretamente, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), como os mecanismos de grande escala e escala sinótica. Foram classificados como mecanismos de meso escala atuantes sobre a Bacia, as Perturbações Ondulatórias dos Alísios (POAS), os Complexos Convectivos de Meso Escala (CCM) e as brisas marítima e terrestre, enquanto circulações orográficas e pequenas células convectivas foram os principais fenômenos de microescala atuantes.

2.2. Parâmetros de qualidade de água

Para se avaliar a qualidade ambiental como um todo, é preciso obter informações que estejam integradas entre os fatores bióticos e abióticos que regem o funcionamento do ecossistema. Na intenção de verificar a qualidade da água na bacia hidrográfica foram analisados os seguintes parâmetros para todas as estações de coleta: temperatura da água, pH (potencial hidrogeniônico), condutividade elétrica e oxigênio dissolvido (OD).

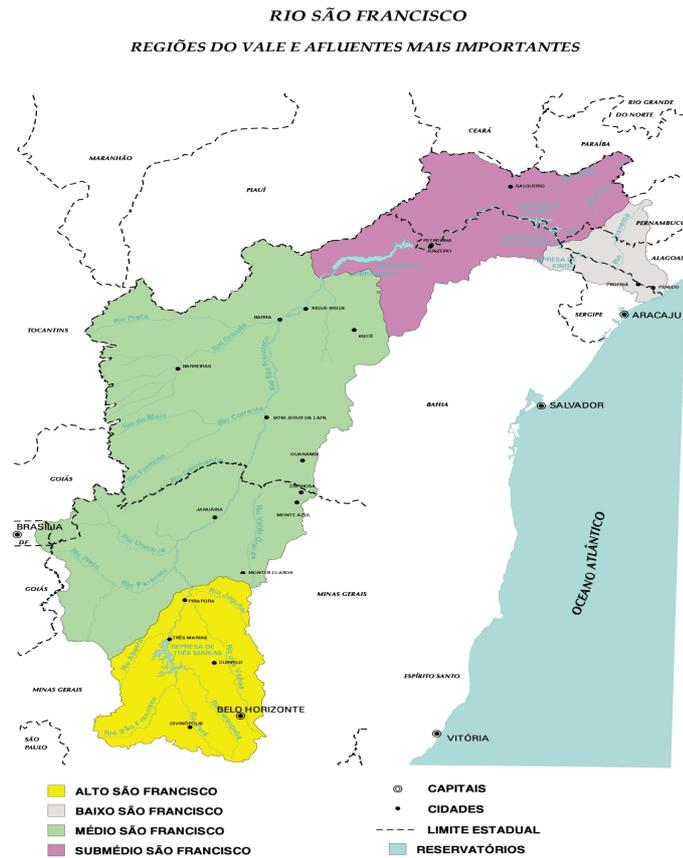


Figura 1. Mapa da Bacia hidrográfica do rio São Francisco e suas sub-bacias. Em amarelo, o Alto São Francisco. Fonte CODEVASF (2001).

As amostras foram coletadas de 1967 a 2007, em situações sem chuva, e as mesmas foram obtidas junto a Agência Nacional das Águas (ANA). Na aquisição dos dados, houve uma indisponibilidade ou perda de dados para o período de 1990 a 1996.

Posteriormente foram gerados gráficos de séries temporais, de médias por estações e de distribuição espacial dos parâmetros de qualidade de água.

As 10 estações de qualidade de água foram: Vargem Bonita, Iguatama, Ponte do chumbo, Jusante rio Pará, Jusante rio Pará 2, Usina hidrelétrica (UH) de Três Marias,

Pirapora, Distrito Industrial de Pirapora, Foz rio das Velhas, Barra de Jequitaiá (Figura 2).

2.3. Procedimentos ou métodos

Na tentativa de explicar as configurações espaciais dos padrões de qualidade de água no ASF, foram analisadas imagens de satélite disponibilizadas pelo Google Earth. Nestas, podem-se observar intervenções, caso existam, no solo, na vegetação, possíveis fontes poluidoras, áreas de proteção ou irregulares etc.

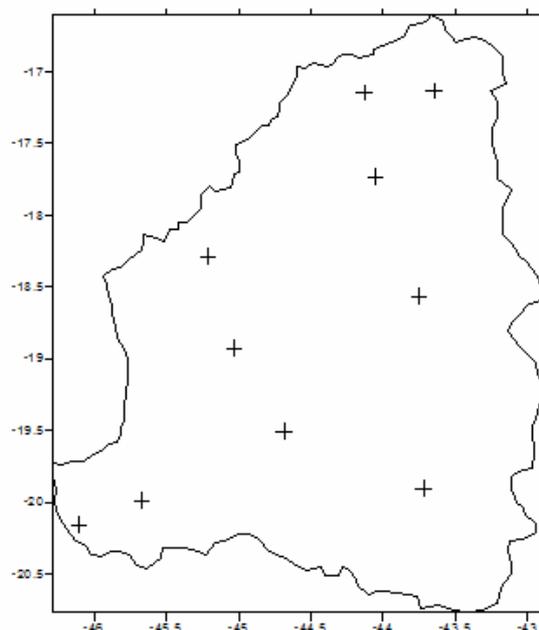


Figura 2. Estações de qualidade de água do Alto São Francisco utilizadas neste trabalho.

A partir das metodologias utilizadas por Gorayeb et al. (2005) e Da Silva (2009) e dos resultados encontrados aqui, foi realizada uma caracterização ambiental relacionando o uso e a ocupação do solo com os impactos ambientais decorrentes, gerando uma proposta de manejo local sustentável ou ações (mitigadoras) que podem amenizar esses impactos ambientais locais, disposta num quadro explicativo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Parâmetros de qualidade de água

3.1.1. Temperatura da amostra

Na Figura 3 máximos valores foram observados nas estações de Vargem Bonita e mínimas em Iguatama. Os anos de 1970, 1988, 1998 e 2005 apresentaram as maiores variações. Ao longo dos anos, a

temperatura média das amostras variou entre 22° C e 29° C, exceto o ano de 2005 (Figura 4).

A variabilidade espacial da temperatura da água no âmbito do ASF é mostrada na Figura 5. Verifica-se que nas cabeceiras do rio São Francisco, na Serra da Canastra ocorre os menores valores de temperatura. No centro do ASF têm-se um núcleo de máximos valores, pouco a sudeste da UH de Três Marias. Esta área possivelmente apresenta a maior “mistura” homogênea da água, aumentando seus valores de temperatura, ocorrendo o contrário nas cabeceiras do rio. Uma faixa de “transição” entre mínimos e máximos valores se estende pelo centro e sudoeste da região.

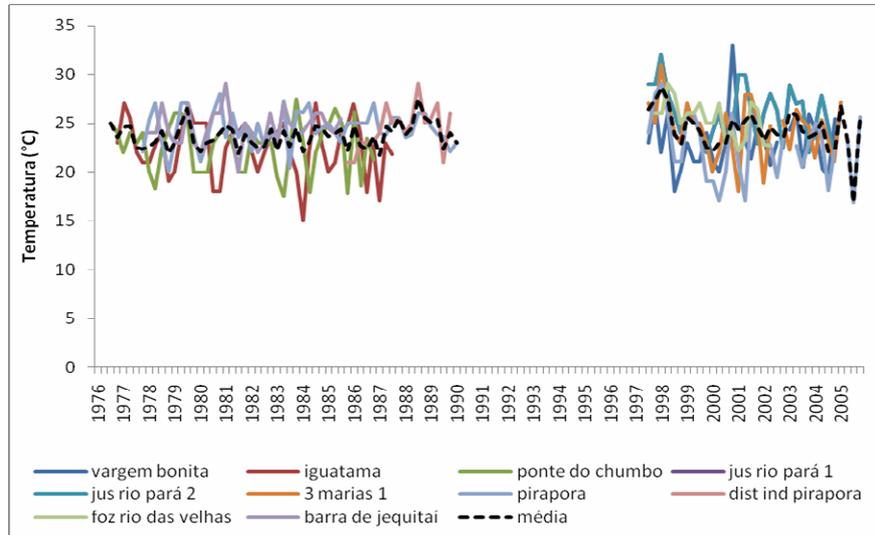


Figura 3. Média temporal das temperaturas registradas nas estações do ASF.

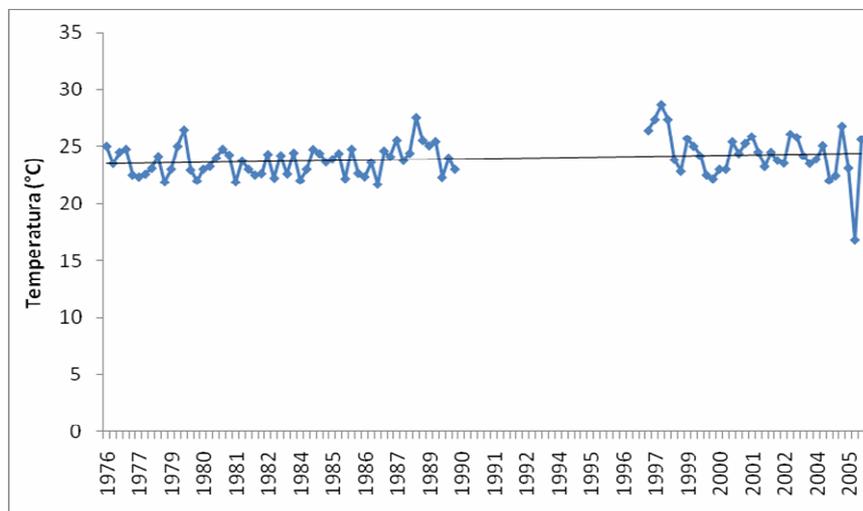
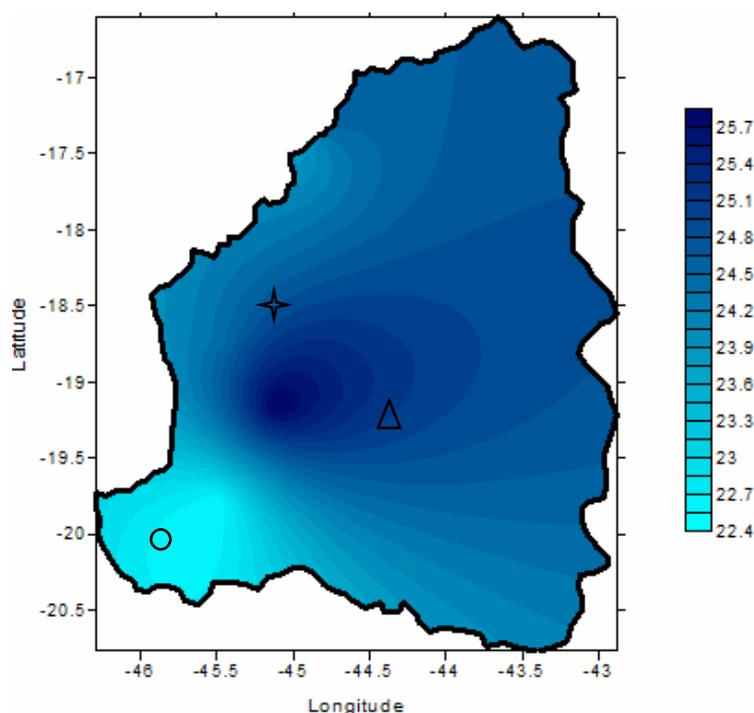


Figura 4. Média temporal das temperaturas das amostras do ASF.



Legenda: ○ Serra da Canastra; ✦ UH de Três Marias; △ Área central do ASF.

Figura 5. Distribuição espacial da temperatura da água (°C) no ASF.

3.1.2. pH

As estações de Iguatama, Ponte do Chumbo e Distrito Industrial de Pirapora apresentaram as maiores variações de pH (Figura 6). Merecem atenção os anos de 1978, 1988, 1997 e 2006, quando ocorreram valores extremos na série. O período de 1978 a 1984 apresentou decaimento nos valores médios de pH. Observa-se também na Figura 7 que há uma leve tendência de aumento de pH no tempo.

Os menores valores de pH são encontrados nas proximidades da Serra da Canastra, sugerindo que os solos locais são os menos ácidos do ASF ou que há menos intervenções neles (Figura 8). Novamente, houve formação de um núcleo de máximos

valores a sudeste da UH de Três Marias. No entanto, nestas estações, a água já tende a basicidade.

Como os valores próximos a 0 e a 7 indicam aumento de acidez, a faixa de transição, observada na temperatura da água e que também ocorreu com os valores de pH, apresentou também aumento de acidez, podendo isto ter relação com a drenagem pluvial, intervenções no solo e vegetação e com cultivos agrícolas presentes. Deve ser lembrado que este parâmetro, pH, também influi na coagulação química e sedimentação em estações de tratamento de água.

3.1.3. Condutividade elétrica

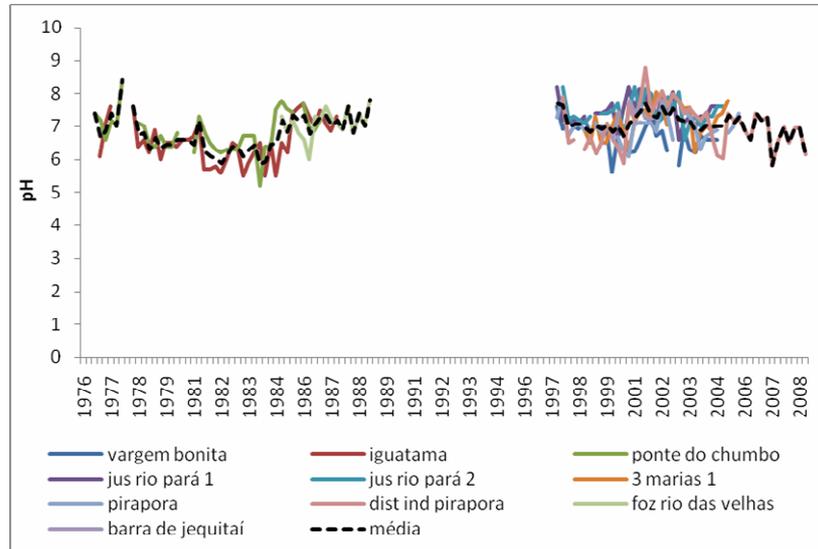


Figura 6. Média temporal do pH registrado nas estações do ASF.

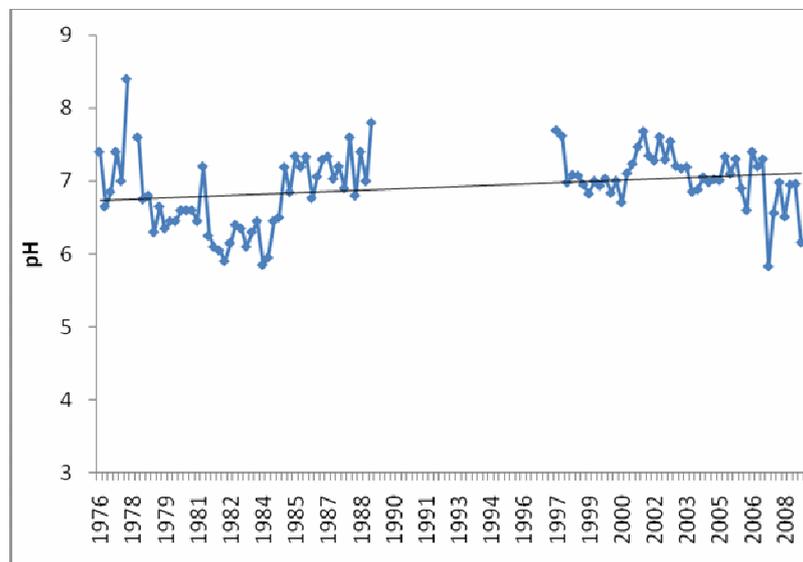
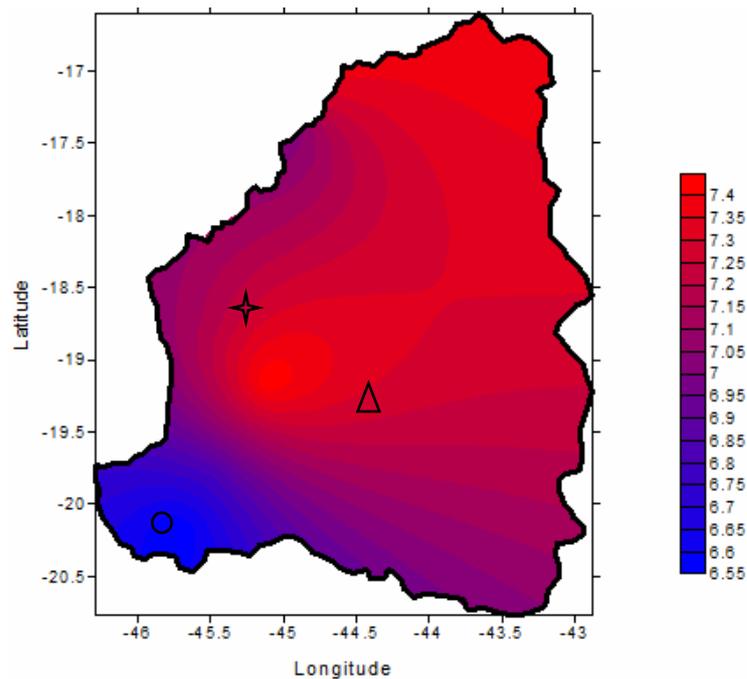


Figura 7. Média temporal do pH das amostras no ASF.



Legenda: ○ Serra da Canastra; ✦ UH de Três Marias; Δ Área central do ASF.

Figura 8. Distribuição espacial do pH da água no ASF.

As estações de Ponte de Chumbo e Iguatama apresentaram também maiores valores para o parâmetro condutividade elétrica, enquanto as estações de Barra de Jequitaiá, do Distrito Industrial de Pirapora, Jusante ao rio Pará 2 e da UH de Três Marias apresentaram os menores valores de condutividade elétrica, indicando que nessas regiões há poucos íons dissolvidos na água ou na amostra (Figura 9). Essas situações também podem ocorrer devido a pouca biodiversidade marinha. Já altos valores podem estar relacionados a lançamentos de esgotos domésticos e industriais.

No ASF (Figura 10) pode-se observar uma tendência de diminuição da

condutividade elétrica devido aos altos valores no início da série, referentes às estações Ponte do Chumbo e Iguatama.

Na distribuição espacial da condutividade elétrica (Figura 11), o parâmetro aumenta em direção ao sul da região. No oeste do ASF, entre os municípios de Pirapora, Várzea da Palma e Três Marias e sua área leste, formou-se grande faixa de mínimos valores de condutividade elétrica. Devido à biodiversidade aquática nas cabeceiras do rio e seu entrono, o valor de condutividade elétrica aumenta na região da Serra da Canastra.

3.1.4. Oxigênio Dissolvido

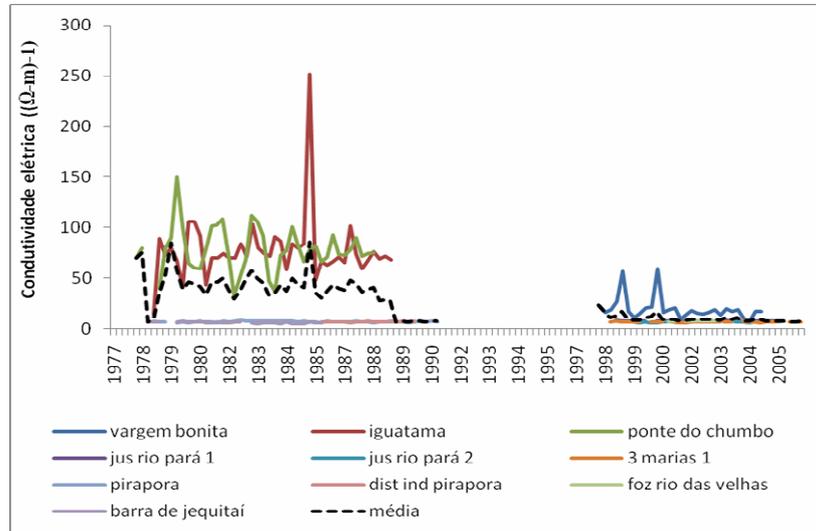


Figura 9. Média temporal da condutividade elétrica registrada nas estações do ASF.

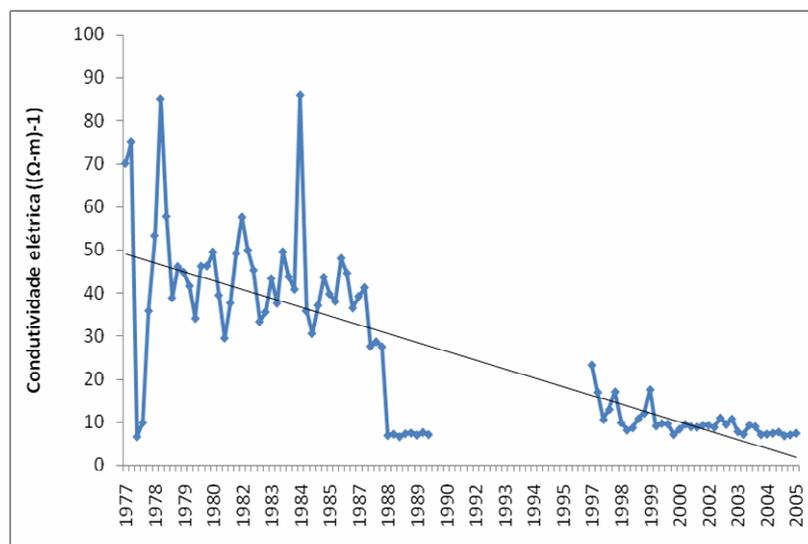
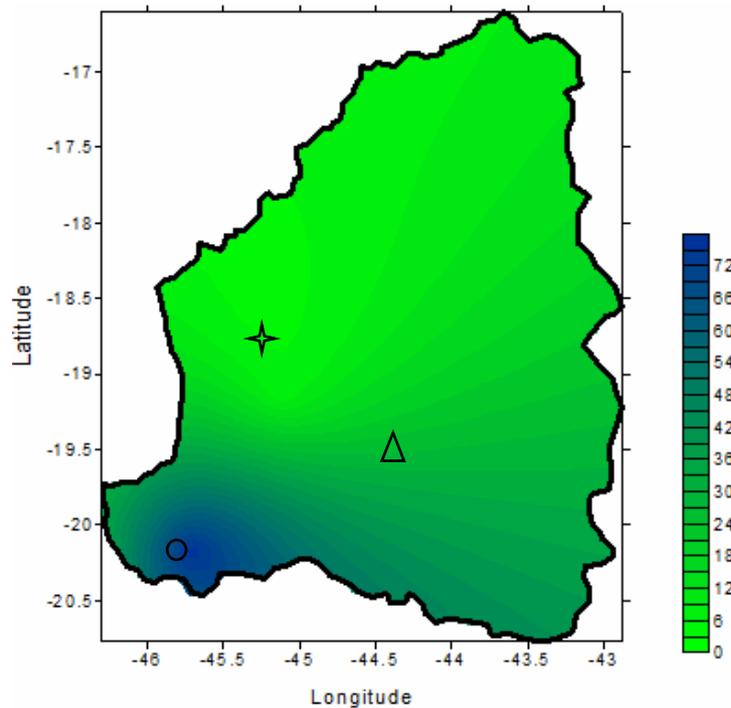


Figura 10. Média temporal da condutividade elétrica das amostras no ASF.



Legenda: ○ Serra da Canastra; ✦ UH de Três Marias; △ Área central do ASF.

Figura 11. Distribuição espacial da condutividade elétrica da água ($((\Omega\text{-m})^{-1})$) no ASF.

Na Figura 12 as estações da UH de Três Marias, Jusante ao rio Pará 1 e 2, Pirapora e do Distrito industrial de Pirapora apresentaram picos de mínimos valores de oxigênio dissolvido na amostra, o que não é um aspecto positivo. A partir das médias temporais de oxigênio dissolvido (Figura 13), pode-se observar uma tendência de diminuição nos valores de OD ao longo do tempo. Em 30 anos, a média do ASF oscilou entre aproximadamente 10 mg L^{-1} de OD para aproximadamente 3 mg L^{-1} , abaixo do ideal previsto por lei.

Dentro do ASF, os maiores valores de concentração de OD, encontram-se nas cabeceiras do rio São Francisco (extremo

sudoeste) e no extremo sudeste, enquanto que os menores valores situam-se no centro-oeste da região, próxima a UH de Três Marias (Figura 14). Nessa área a concentração de OD chega ao mínimo de $5,2 \text{ mg L}^{-1}$, muito próximo do mínimo ideal de acordo com a resolução n°20 do CONAMA (1986). Como já citado, essa resolução rege que em casos de rios de água doce, onde a água  utilizada para abastecimento público, após tratamento convencional da água, recreao e irrigao de hortaliças, esse manancial deve apresentar concentrao de OD $> 5,0 \text{ mg L}^{-1}$. Deste modo, como já foi verificado que no ASF, há uma tendência de diminuio dos valores de OD (Figura 13).

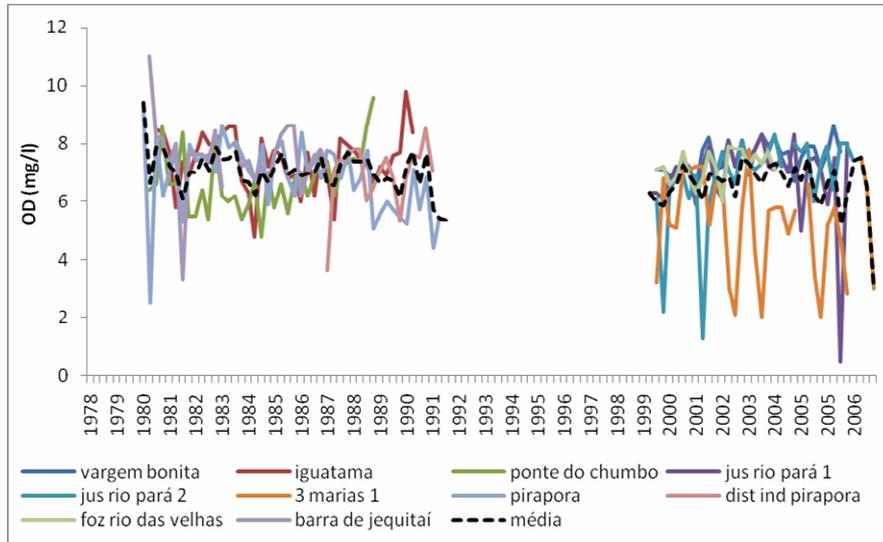


Figura 12. Média temporal do oxigênio dissolvido registrado nas estações do ASF.

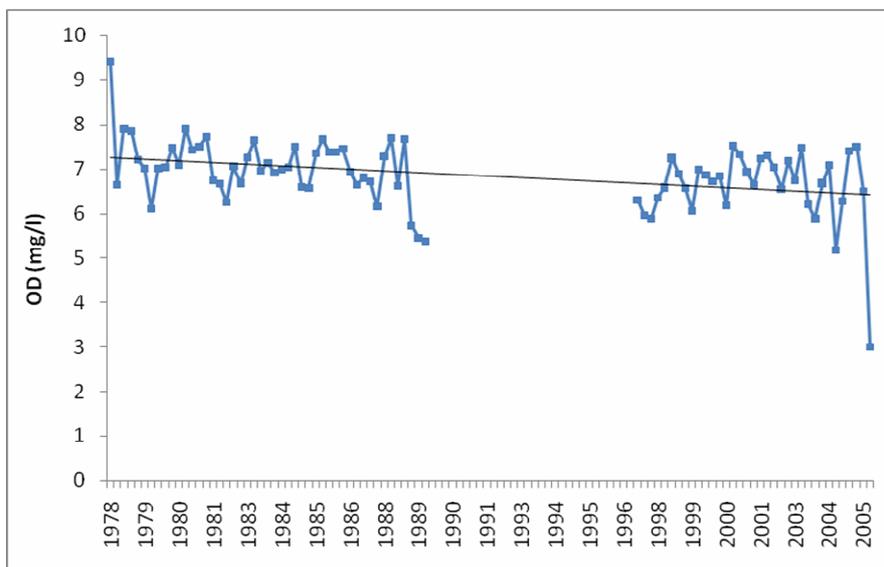
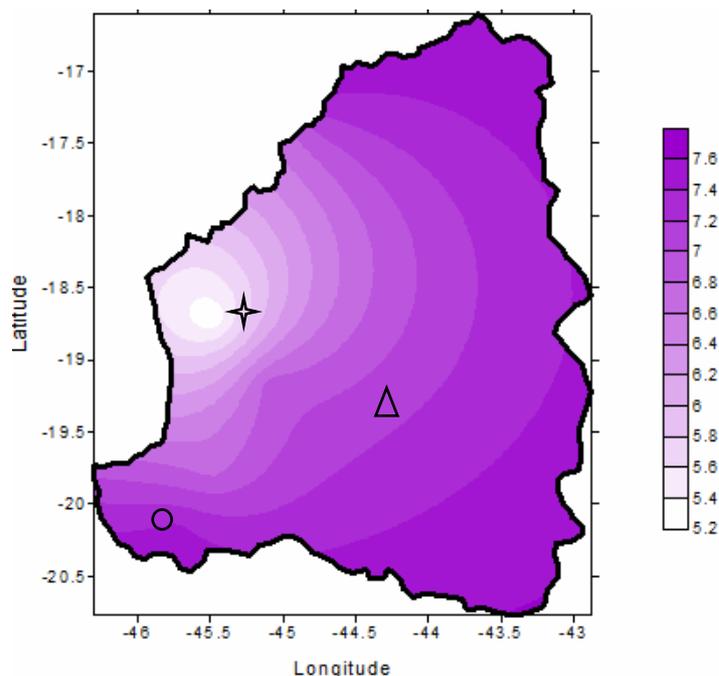


Figura 13. Média temporal do oxigênio dissolvido das amostras no ASF.



Legenda: O Serra da Canastra; ✦ UH de Três Marias; Δ rea central do ASF.

Figura 14. Distribuio espacial do oxigênio dissolvido na água (mg L^{-1}) no ASF.

Futuramente, se medidas preventivas não ocorrerem, na UH de Três Marias e sua periferia, a água do rio São Francisco estará com OD abaixo do mínimo ideal.

3.2 Verificao do uso e ocupao do solo

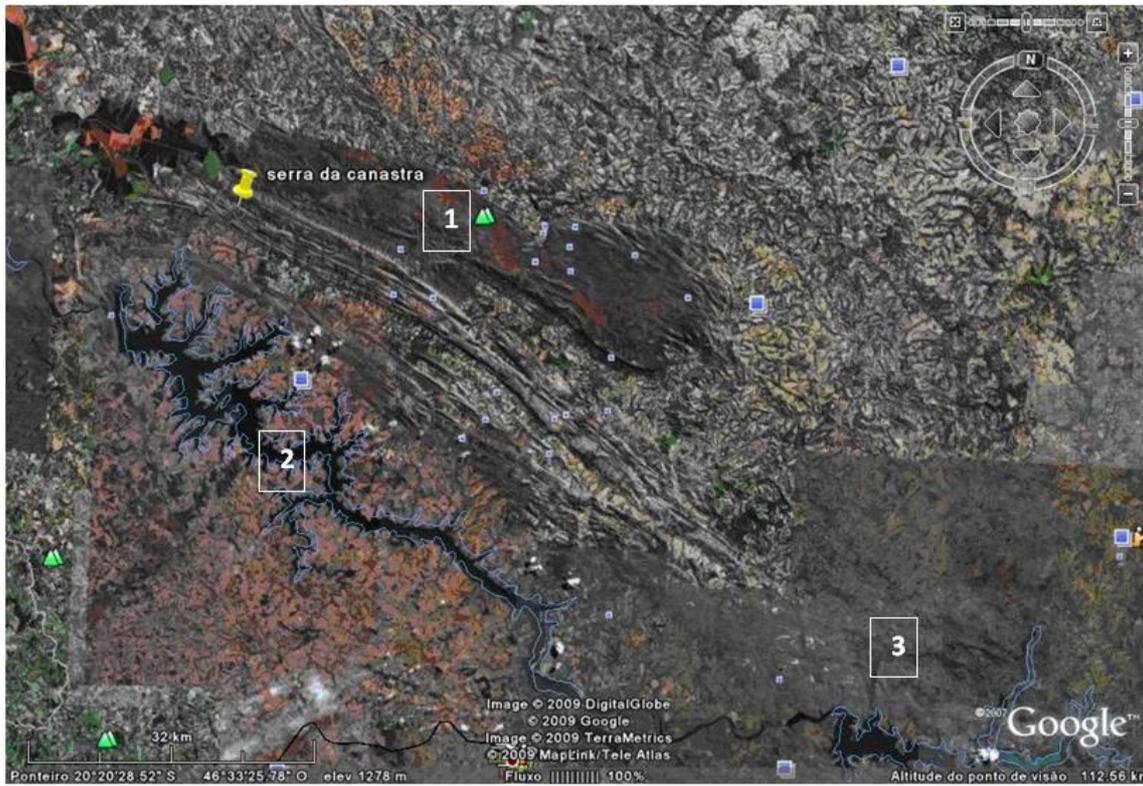
3.2.1. Serra da Canastra

Na região da Serra da Canastra pode-se observar que rios, suas margens e área vegetada ainda encontram-se preservadas (marcadores 1, 2 e 3). Não há grandes áreas de solo plantado e desmatado ou áreas agrícolas, o que poderia vir a afetar a qualidade de água local (Figura 15).

Na Figura 16 também se observa que áreas vegetadas (marcador 1), rios e suas margens (marcador 2) encontram-se

preservadas. Como na figura anterior, não há grandes áreas de solo plantado e desmatado ou áreas agrícolas, a vegetao nativa existe em grande quantidade contribuindo para a boa qualidade de água local.

Segundo a Lei Federal 4.771/65, alterada pela Lei 7.803/89 e a Medida Provisória n. 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, do Código Florestal Brasileiro, “Consideram-se de preservao permanente, pelo efeito de Lei, as áreas situadas nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados “olhos d’água”, qualquer que seja a sua situao topográfica, devendo ter um raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura.”



Legenda: 1-Serra da Canastra; 2- Represa Peixoto (Rio Grande) e 3-Represa de Furnas (Rio Grande).

Figura 15. Imagem de satélite do Google Earth mostrando a região da Serra da Canastra.



Legenda: 1- Área Vegetada; 2- Margens de rio preservadas.

Figura 16. Imagem de satélite do Google Earth mostrando a região próxima à Serra da Canastra.

Segundo os Artigos 2.º e 3.º dessa Lei “A área protegida pode ser coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.” Diante da Lei supracitada, a área da nascente do rio encontra-se legalmente tratada e gerida, em sua maior parte.

Na área central do ASF (Figura 17), as áreas vegetadas são abundantes, no entanto, há grande número de cidades formadas na região, tendo como exemplo as grandes cidades de Belo Horizonte, Sete Lagoas e Curvelo, podendo desta maneira comprometer a qualidade dos cursos d’água devido o lançamento de esgotos residenciais. De acordo com PDRHSF (2004) há na região o pólo de irrigação de Belo Horizonte disponibilizando-se dos recursos hídricos locais.

3.2.3. Usina Hidrelétrica de Três Marias e proximidades

Em Três Marias, às margens do rio São Francisco, podem ser observadas áreas de plantio, solo descoberto e intervenções na vegetação nativa, o que comprovadamente interfere na qualidade da água de uma bacia hidrográfica (Figura

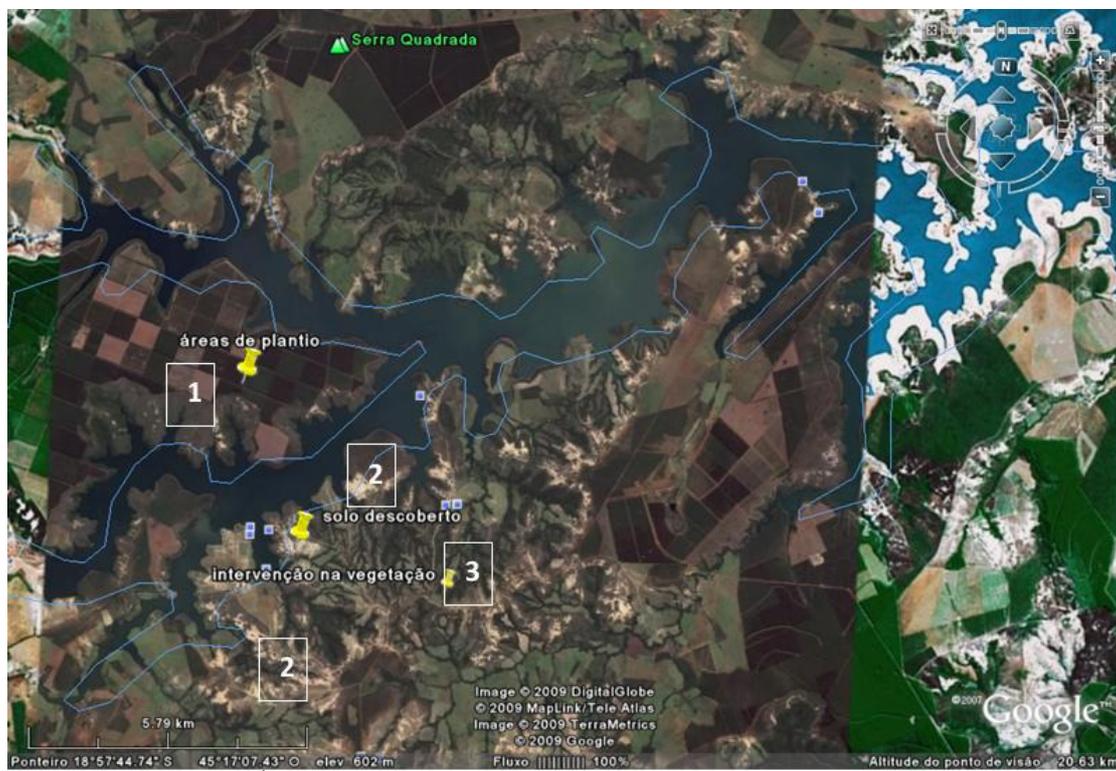
18). Aproximando a imagem anterior nota-se que ainda são encontradas, nessas margens, áreas de turismo ou lazer e a diminuição da vegetação no local. A ocorrência desses fatores não é apropriada e contrária ao Código Florestal Brasileiro, no qual rege que construções em áreas de preservação devem atender a uma faixa mínima de proteção (Figura 19).

De acordo com Tucci (2004) a qualidade de água represada pode gerar estratificação térmica que interfere na geração de gases e na formação de algas, produzindo a degradação das condições do lago (Figura 20, marcador 1) e do escoamento à jusante da barragem (marcador 2 e 3). Ainda na região é somado o fato de se observar área residencial e industrial pouco acima do lago de Três Marias, o que possivelmente ainda acrescenta mais desejos ao volume escoado e conseqüentemente diminui a qualidade da água. Mais próximo à barragem, em sua margem direita (marcador 4) existem pontos de lazer e turismo e ampla área residencial (marcador 2). Esses usos e ocupações do solo, somados à presença de indústria de minérios a direita do curso d’água, poluem os recursos hídricos, o solo e o ar, agravando o quadro de degradação ambiental na região.



Legenda: 1- Área Vegetada; 2- Cidades.

Figura 17. Imagem de satélite do Google Earth mostrando a região central do ASF.



Legenda: 1- Área de plantio; 2-Solo descoberto; 3-Intervenção na vegetação nativa.

Figura 18. Imagem de satélite do Google Earth - UH de Três Marias.



Legenda: 1- rea de turismo e lazer; 2- área de plantio; 3- Solo descoberto; 4- Intervenso na vegetao nativa.

Figura 19. Imagem aproximada da Figura 18.



Legenda: 1- Lago da UH de Três Marias; 2- rea residencial; 3- Indústria de minérios; 4- áreas de lazer e turismo.

Figura 20. Imagem de satélite do Google Earth mostrando o lago da UH de Três Marias.

Pouco acima de Três Marias (Figura 21), onde a qualidade de água já não se apresenta como nas cabeceiras do rio, e após passar pela região da UH, observam-se falta de mata ciliar nas margens do rio, diminuição da vegetação nativa (marcador 1), grandes áreas de plantio (marcador 2) e margens do rio com ocupações irregulares (marcador 3). A partir dessa imagem já se observa degradação ambiental bem definida. A Resolução n° 004 do CONAMA (1985), que se refere às APPs quanto ao tamanho das áreas adjacentes a recursos hídricos, determina que: “Para cursos d’água, a área situada em faixa marginal (APP), medida a partir do nível mais alto alcançado pela água por ocasião da cheia sazonal do curso d’água perene ou intermitente, em projeção horizontal, deverá ter larguras mínimas de 30 m, para cursos d’água com menos de dez metros de largura; 50 m, para cursos d’água com dez a cinquenta metros de largura; 100 m, para cursos d’água com cinquenta a duzentos metros de largura; 200 m, para cursos d’água com duzentos a seiscentos metros de largura; 500 m, para cursos d’água com mais de seiscentos metros de largura”. Deste modo, por exemplo, na área do marcador 3 da Figura 21, onde se totalizam 636 m de largura entre suas margens, seria necessário 500 m de faixa de proteção, não se submetendo a lei do código florestal brasileiro.

No marcador 4, visualiza-se a utilização da água local para irrigação. Possivelmente, na área industrial (marcador 5), o mesmo deve ocorrer.

Tomando por base o quadro de degradação ambiental mais marcante encontrado na UH de Três Marias são mostradas nas figuras abaixo as concentrações de várias substâncias químicas no intuito de revelar mais informações sobre a poluição hídrica e suas causas. Na Figura 22 têm-se a medição de cloretos em Três Marias. A ocorrência de cloretos nessa área pode ser resultante de contato da água com depósitos minerais, poluição por esgotos domésticos e industriais e do retorno de águas utilizadas em irrigação agrícola.

Em geral, quantidades razoáveis de cloretos não são prejudiciais à saúde, mas transmitem à água sabor salgado, repulsivo. Podem servir também, no caso de águas doces, como indicadores de contaminação por esgotos. Embora possa ser fitotóxico para algumas frutas, os usos agrícolas de água com concentrações de cloretos menores que 100 mg L^{-1} não prejudicam em princípio as culturas irrigadas (TUCCI, 2004). As concentrações de cloretos locais encontram-se dentro do limite não lesivo à irrigação.



Legenda: 1- Intervenção da vegetação da margem do rio; 2-Área de plantio; 3-Margem de rio com construções; 4-Área irrigada com águas do rio São Francisco; 5-Área industrial; 6- Rio São Francisco.

Figura 21. Imagem de satélite do Google Earth mostrando área ao norte da UH de Três Marias.

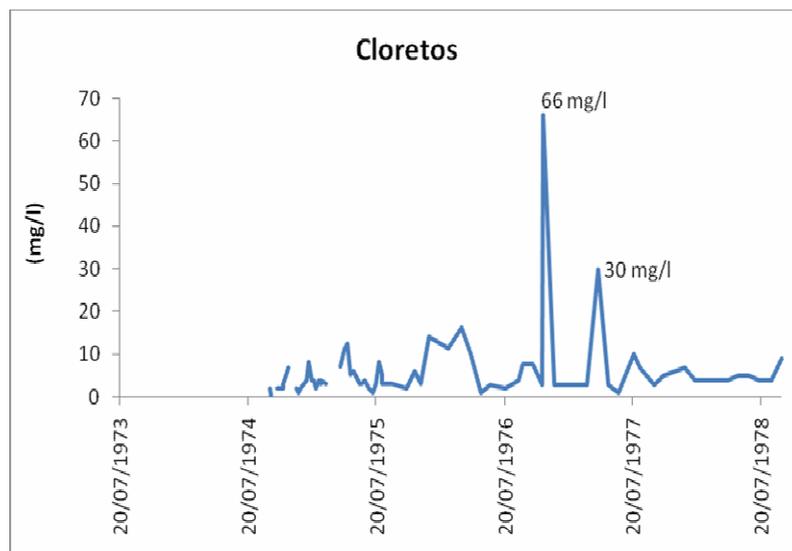


Figura 22. Medição de cloreto na estação de Três Marias, de 1973 a 1978.

As concentrações de chumbo em Três Marias são espantosas (Figura 23). O chumbo é uma substância tóxica e carcinogênica. Em águas naturais, por exemplo, suas concentrações são menores ou igual a $0,01 \text{ mg L}^{-1}$, no entanto, as concentrações locais atingiram máximos valores de $30, 1 \text{ mg L}^{-1}$ e 56 mg L^{-1} , muito acima dos valores normais.

O cádmio, outra substância tóxica e carcinogênica também foi encontrado na região, com concentrações menores que as do chumbo, mas crescente ao longo do tempo (Figura 24).

O zinco (Figura 25), o ferro (Figura 26) e o manganês (Figura 27) também estão presentes nas águas da UH de Três Marias. Os valores apresentam-se crescentes ao longo do tempo. A partir dos resultados encontrados, o que se indica pelos parâmetros de água, concentrações de substâncias químicas e pelas imagens de satélite as principais fontes de poluição no ASF são os esgotos domésticos, as atividades agropecuárias e a mineração. Observa-se o lançamento de efluentes industriais e domésticos. Áreas críticas em Várzea da Palma/Pirapora e Belo Horizonte e cidades vizinhas contribuem para grande contaminação das águas pelo lançamento de esgotos domésticos.

3.3 Proposta de manejo local

Diante dos resultados encontrados foram sugeridas ações mitigadoras dos impactos ambientais encontrados em três áreas principais (Tabela 1).

4. CONCLUSÕES

As análises dos parâmetros de qualidade de água indicaram maior qualidade hídrica nas cabeceiras do rio São Francisco e a menor, próxima a UH de Três Marias, onde a concentração de OD chegou muito próximo do mínimo ideal estabelecido pela resolução do CONAMA (1986). No lago de Três Marias também foram encontradas altas concentrações de substâncias tóxicas e carcinogênicas como chumbo e cádmio.

Foram identificados como principais impactos ambientais locais: diminuição da biodiversidade; desmatamento e erosão do solo; perda da beleza cênica; alteração do microclima; poluição hídrica; antropização da paisagem; deposição de sedimentos e comprometimento da sustentabilidade e dos recursos naturais.

Como reflexo das principais atividades econômicas da bacia, indica-se a necessidade de recuperação ambiental das áreas degradadas com vistas à mitigação dos impactos sobre os recursos hídricos, com destaque para as atividades econômicas rurais (agricultura e a pecuária) e, as atividades de mineração.

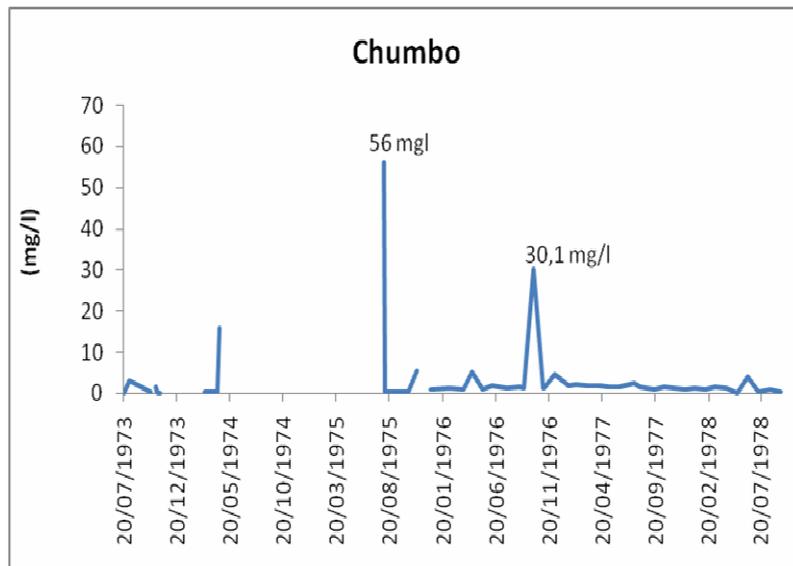


Figura 23. Medição de chumbo na estação de Três Marias, de 1973 a 1978.

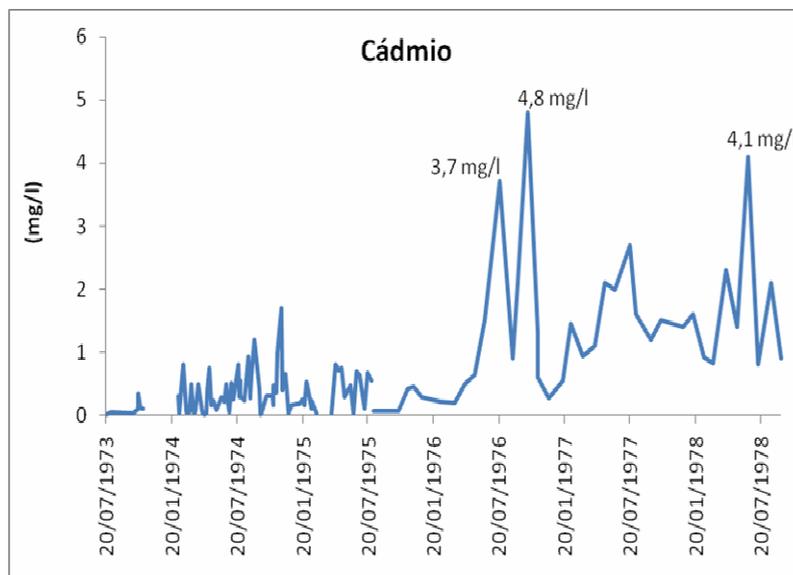


Figura 24. Medição de cádmio na estação de Três Marias, de 1973 a 1978.

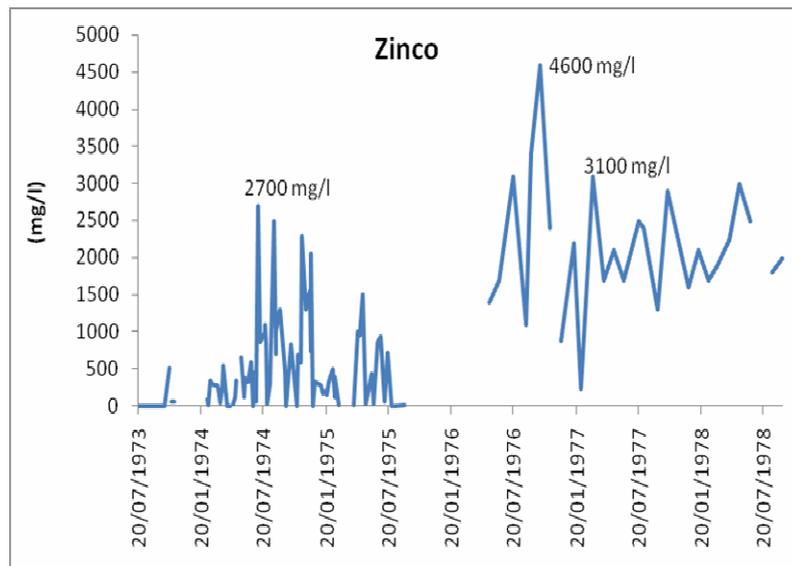


Figura 25. Medição de zinco na estação de Três Marias, de 1973 a 1978.

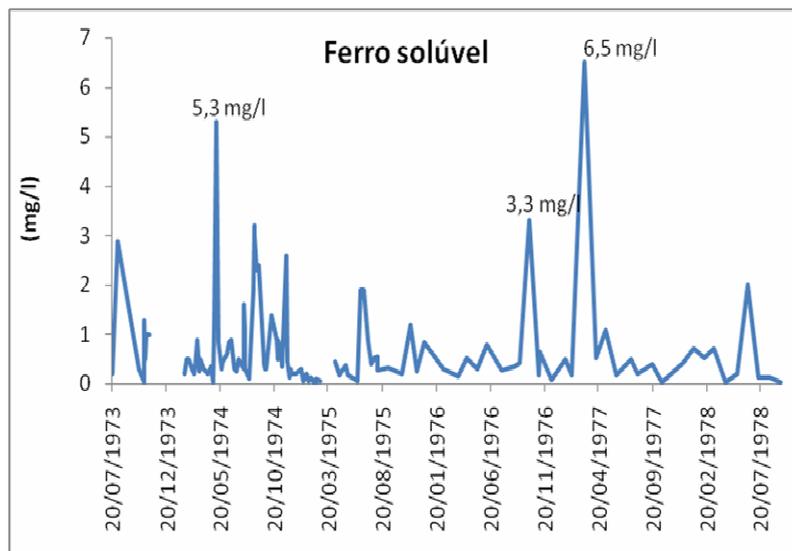


Figura 26. Medição de ferro solúvel na estação de Três Marias, de 1973 a 1978.

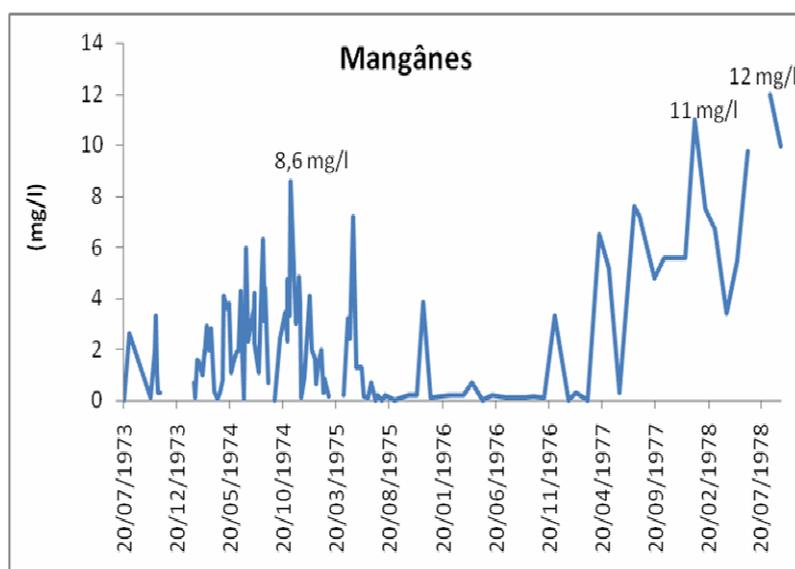


Figura 27. Medição de manganês na estação de Três Marias, de 1973 a 1978.

Tabela 1. Ações mitigadoras dos impactos ambientais encontrados em três áreas principais do Alto São Francisco.

Áreas	Uso e ocupação do solo	Impactos ambientais	Proposta de manejo
Área 1: Cabeceiras do rio São Francisco e proximidades.	Vegetação nativa; rios, margens e vegetação preservados.	Impactos ambientais possíveis futuramente: diminuição de biodiversidade; poluição hídrica; antropização da paisagem e alteração do microclima.	A área está sendo bem preservada e gerida, no entanto propõem-se: controle do uso dos recursos naturais; projetos de educação ambiental e monitoramento da qualidade hídrica.
Área 2: Região central do ASF e leste da UH de Três Marias.	Vegetação nativa; áreas urbanas; pólo de irrigação próximo a Belo Horizonte.	Desmatamento e erosão do solo; diminuição da biodiversidade; alteração do microclima; poluição hídrica; antropização da paisagem.	Controle imobiliário e da urbanização; controle do uso dos recursos naturais; implantação de projetos de educação ambiental; monitoramento da qualidade hídrica; planejamento territorial.
Área 3: UH de Três Marias e proximidades	Áreas de plantio; solo descoberto; intervenções na vegetação nativa e destruição de matas ciliares; áreas de turismo e lazer; áreas residenciais e	Diminuição da biodiversidade; desmatamento e erosão do solo; perda da beleza cênica; alteração do microclima; poluição hídrica; antropização da paisagem; deposição de sedimentos e comprometimento da sustentabilidade e dos recursos	Definir práticas conservacionistas nas terras utilizadas; monitoramento da estratificação térmica, eutrofização e desenvolvimento de algas no lago; monitoramento da qualidade hídrica; planejamento urbano, turístico e territorial; controle imobiliário e da urbanização;
Continuação...	construções nas margens do rio; indústrias de minérios; áreas irrigadas;	naturais.	controle do uso dos recursos naturais; deslocamentos de plantios, indústrias e construções em locais inadequados; reintrodução de espécies nativas; plantio de mata ciliar; proteção das áreas marginais aos cursos d'água e implantação de projetos de educação ambiental.

*Fonte: Elaboração própria.

REFERÊNCIAS

- CODEVASF **Almanaque Vale do São Francisco**, edição 1, Codevasf, 412 p., 2001.
- ANDRADE PINTO, L.V.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C.; FERREIRA, E. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, M.G.; **Scientia Forestalis**, n65, p.197-206, 2004.
- BARACUHY, J. G. de V.; et. al. **Técnicas agrícolas para contenção de solo e gua**. Campina Grande: FUNASA, 2007. 43p. Folheto e DVD.
- Código Florestal Brasileiro. Disponível em:
www.mma.gov.br/port/srh/singreh/codagua.html. Acesso em: 06/05/2009.
- CONAMA, 1985. **Resolução CONAMA n 004/1985**. Disponível em:
www.mma.gov.br/port/conama/res/res85/res0485.html. Acesso em: 06/05/09.
- CONAMA, 1986. **Resolução CONAMA n 20 de 18/06/1986**. Resolução do CONAMA – 1984/86. Brasília: SEMA, 92p., p. 72-79.
- DA SILVA, D.F.; IMBUZEIRO, H. M. A.; MOLION, L.C.B. e LEMES, M.A.M.. O dipolo pluvial da Bacia do São Francisco, **Anais do IX Simpósio Brasileiro de Geografia Física**, Recife (PE), 14-18 de novembro, CD-ROM, 2001.
- DA SILVA, D.F. **Influência da Variabilidade Climática Interanual na Hidrologia da Bacia do rio São Francisco**, Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Meteorologia), Universidade Federal de Alagoas – UFAL, 2003.
- DA SILVA, D. F., SOUSA, F. de A. S. de, KAYANO, M. T. Avaliação dos impactos da poluição nos recursos hídricos da bacia do rio Mundaú (AL e PE). **Revista de Geografia** (Recife), v.24,dez, p.209 - 222, 2007.
- DA SILVA, D.F. **Análise de aspectos climatológicos, ambientais, agroecônmicos e de seus efeitos sobre a Bacia hidrográfica do rio Mundaú (AL e PE)**. Tese de Doutorado em Recursos Naturais, março 2009, UFCG (PB).
- DOUGLAS, J.E.; SWANK, W.T. Effects of management practices on water quality and quantity: Coweeta Hydrologic Laboratory, North Caroline. In: MUNICIPAL WATERSHED MANAGEMENT SYMPOSIUM, 13, Carolina da Norte. **Anais...** Carolina do Norte: USDA Forest Service, p.1-13, 1975.
- Lei 4.771/65 do Código Florestal Brasileiro, Secretaria do Meio Ambiente (SMA/SP). Fonte: SMA, 14p., 1989.
- Lei 7.803/89 do Código Florestal Brasileiro de 15/08/1989, Fonte: DOU seção 1, pag. 12025-12026, data public. 20/07/1989, vol.127, fasc. 137. Disponível em: www.cetesb.sp.gov.br. Acesso em: 06/05/2009.
- LIKENS, G.E; BORMANN, F.H.; JOHNSON, N.M.; PIERCE, R.S. The calcium, magnesium, potassium and sodium budgets for a small-forested ecosystem. **Ecology**, Durham, n.48, v.5, p.722-785, 1967.
- LIMA, W. de P. O Papel Hidrológico da Floresta na Proteção dos Recursos Hídricos. I Congresso Florestal Brasileiro, Olinda, **Revista Silvicultura**, v.41, p.59-62, 1986.

- Medida provisória 2166-67 de 24/08/2001 Disponível em: www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/legislação/federal/med_provissoria. Acesso em: 06/05/09.
- GORAYEB, A., SILVA, E. V. da, MEIRELES, A. J. de A. Impactos Ambientais e propostas de manejo sustentável para a planície flúvio-marinha do rio Pacoti, FORTALEZA/CEARÁ. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia-MG, 17 (33): 143-152, dez. 2005.
- PBHSF - PROJETO DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM TERRA NA BACIA DO SÃO FRANCISCO ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2004. Subprojeto 4.5C – **Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco - (2004-2013)**.
- SALATA, J.C. et al. **Controle de erosões e conservação de solos na açucareira Quatá (SP)**. STAB, p.33-89, 1988.
- SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. **A floresta e a água**. Porto Alegre: Pallotti, 70 p., 1998.
- TUCCI, C. E. M. **Impactos da variabilidade climática e o Uso do solo sobre os recursos hídricos**. In: Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas – Câmara Temática de Recursos Hídricos, Brasília, maio 2002.
- TUCCI, C.E.M. (Organizador). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**, 3ª edição, Porto Alegre, Editora da UFRGS/ABRH, 2004.
- VARZHEMIN, I.G. Chemical composition of natural waters in the VYG River Basin in relation to the soil of Central Karelia. **Soviet Soil Science**, v.4, n.1, p.90-101, 1972.
- ZOCCAL, J. C. **Cadernos de Estudos em Conservação do Solo e Água**. Presidente Prudente, SP. CODASP. v. 1, n.1, mai. 2007.