

A Turbidez nas Águas do rio São Miguel, Carste do Alto São Francisco, Minas Gerais, Brasil

Eduardo Abjaud Haddad ^a
Luis Felipe Soares Cherem ^b
Antônio Pereira Magalhães Jr. ^c

Instituto de Geociências (IGC), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Av. Antônio Carlos, 6627, 31270-901. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

^a MSc. Geografia-IGC/UFMG, haddadedu@yahoo.com.br

^b Mestrando em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais-IGC/UFMG, luis.cherem@gmail.com

^c Departamento de Geografia-IGC/UFMG, magalhesufmg@yahoo.com.br

Abstract

Turbidity in waters was evaluated in order to find out relationships with land uses in watershed. São Miguel River drains over karstic rocks, Minas Gerais' southwestern. The area has their natural resources affected by carbonate rocks mining, pasture and agriculture, despite their low urbanization. The study intends to find out environment impacts on waters' turbidity due human activities developed in watershed. Majority of the non-urban space usage has a diffuse contribution in the water quality values, as agriculture and pasture do. Theses activities, when conservationist techniques are not applied, are the biggest causes for high turbidity values. This is responsible for the water translucency in which aquatic life depends on and this parameter represents how intense has being the soil loss in watershed. At river São Miguel watershed this situation was evaluated after nine consecutive months monitoring of this water quality parameter (2005 July – 2006 March) at five gauging stations. The highest values were described for the upper (higher point) and the lower courses (lower one) of this river. The first point has such values mainly due to its lack of riparian vegetation and the second one due to its large pastures and corn crops (maize). During the rain season, specifically 2005 December, all the monitored points had high values that indicate soil loss susceptibility in the entire watershed.

Key-words: turbidity, karst, water quality, land use

Resumo

A turbidez nas águas da bacia hidrográfica do rio São Miguel - Carste do Alto São Francisco, Minas Gerais - foi avaliada com intuito de identificar reflexos de atividades humanas desenvolvidas na bacia. O monitoramento deste parâmetro físico da qualidade da água foi feito em 5 pontos localizados no curso principal do rio durante 9 meses consecutivos, e abrangeu tanto o período climático seco quanto chuvoso. Temporalmente, o incremento da turbidez na água é notável nos dias de ocorrência de eventos chuvosos verificados em dezembro de 2005 e março de 2006. A estacionalidade climática das chuvas se reflete com clareza na influência negativa da qualidade da água pela turbidez. Espacialmente, os locais onde o problema de aumento da turbidez se fez com maior intensidade foram no alto e no baixo curso do rio. No alto curso, o resultado contraria a tendência natural de menor turbidez devido a menor vazão no trecho. Nele um foco de erosão pontual é o principal indutor do problema. No baixo curso do rio, além do aumento natural da vazão, os resultados de elevada turbidez estão relacionados à utilização das mais extensas porções de áreas para fins agropecuários na bacia, demonstrados pelo mapa de uso do solo. Os principais fatores que contribuem para o incremento de turbidez das águas na bacia foram associados às atividades relacionadas a agropecuária, como práticas inadequadas de uso e manejo do solo, e principalmente ausência de vegetação nas margens, nas encostas e topos de vertentes. A presença de vegetação riparia próximo aos pontos de monitoramento nos trechos da média bacia atenuou de forma clara a turbidez nas águas, e demonstrou a importância da vegetação no controle da entrada de cargas sedimentares na água.

Palavras-chave: turbidez, carste, qualidade da água, uso do solo

1 Introdução

A turbidez na água representa o grau de interferência por partículas, principalmente por materiais sólidos em suspensão, que atenuam por absorção e espalhamento um feixe de luz ao atravessar a água. Ela é expressa por uma medida arbitrária adotada por uma determinada unidade, sendo normalmente utilizada a Unidade Nefelométrica de Turbidez - UNT. Águas superficiais tendem a ser mais turvas que as subterrâneas (World Health Organization - WHO, 1993). O aumento da turbidez numa água pode alterar suas características organolépticas como aparência, cor, sabor e odor e lhe conferir rejeição para fins de potabilidade. Esta elevação relaciona-se indiretamente com a fotossíntese, alterando a cadeia trófica aquática e influenciando comunidades biológicas na água, podendo levar à mortandade de peixes. A turbidez tende a mascarar a presença de possíveis organismos patogênicos, estimulando o crescimento de bactérias, pois nutrientes são absorvidos nas partículas. Ainda, elevada turbidez dificulta processos de desinfecção da água (WHO, 1993). Uma das causas freqüentes da elevação da turbidez é a erosão do solo nas margens dos corpos de água, muitas vezes devido às práticas agrícolas inadequadas que favorecem a liberação de elevada carga sedimentar para os corpos d'água (Gang *et al.*, 2005; Velasco *et al.*, 2006).

A resolução 357/05 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA (2005), determina que para a classe 1 (melhor qualidade), a turbidez deve ser inferior a 40 UNT e para as classes 2, 3 e 4 o limite é de 100 UNT. Para fins de potabilidade a United States Environmental Protection Agency - USEPA (1995) estipula média de unidade mensal de 1 UNT, e a WHO recomenda o menor valor possível procurando-se não deixar exceder 5 UNT.

A bacia do Rio São Miguel situa-se em uma área de elevada fragilidade natural conferida pelo sistema cárstico Arcos-Pains, na borda meridional da Bacia do São Francisco, MG. O rico patrimônio geomorfológico modelado nas rochas carbonáticas vem sofrendo fortes pressões humanas derivadas das atividades de mineração do calcário e também de atividades agropecuárias e urbanas. Este trabalho tem o objetivo de analisar as influências antrópicas na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio São Miguel, especificamente o parâmetro físico turbidez.

2 Metodologia

Um primeiro levantamento foi realizado com a consulta de dados secundários da turbidez contidos nos relatórios anuais de monitoramento das águas superficiais na Bacia do rio São Francisco (2000 a 2004) produzidos pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM (2005). Eles são gerados na estação Calciolândia de código SF-002 que se localiza no rio São Miguel. Os dados de pluviometria da estação de código 02045010 (estação Arcos) foram adquiridos junto à Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais - CPRM, e o interesse específico foi adquirir os dados diários e mensais do período do monitoramento .

A geração de dados primários foi realizada com um turbidímetro da marca Del Lab modelo DLM 2000, que expressa os resultados em UNT. O monitoramento hidrológico se localizou em 5 pontos amostrais de medição no curso principal do rio São Miguel, e em 3 nascentes (Tabela 1). Os pontos estratégicos foram posicionados à jusante de diversas fontes direta ou indiretamente poluidoras, como cultivos, indústrias, mineração e zonas urbanas, para que os dados pudessem ser interpretados em relação aos usos do solo. A periodicidade das análises foi mensal e consecutiva com início em julho de 2005 e o término em março de 2006.

3. Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio São Miguel situa-se a sudoeste do Estado de Minas Gerais, na região do Alto São Francisco, entre os paralelos 20°10' e 20°29' de latitude sul e os meridianos de 45°30' e 45°45' de longitude oeste (Figura 1). A área de drenagem da bacia perfaz aproximadamente 525km² e abrange, na sua maioria, parte dos municípios de Pains e Arcos, mas também dos municípios de Iguatama, Formiga e Córrego Fundo. Apesar de situado em área cárstica o rio São Miguel drena em superfície na sua maior parte, possuindo cerca de 40km de extensão. As litologias presentes na bacia são as rochas do Complexo Granito-Gnáissico arqueano e do Grupo Bambuí neoproterozóico. Deste grupo, predominam calcários e dolomitos (Félix e Freitas Jr., 2000) que sustentam a paisagem cárstica marcada por feições morfológicas como paredões, torres, mesetas, verrugas, lapiás, dolinas, uvalas, *poliés*, vales cegos, sumidouros, ressurgências, abismos e cavernas (Saadi, 1991). O clima é caracterizado pelas seguintes temperaturas médias mensais: mínima de 16,4°C em julho, máximas de 22,6°C em fevereiro. A média pluviométrica anual é de 1.325mm (Menegasse *et. al.*, 2002).

4. Resultados

Os resultados da turbidez e a estatística descritiva dos 5 pontos se encontram na Tabela 1. Os valores mínimos estão próximos da faixa entre 1,1 a 2,15 UNT obtidos nas nascentes.

TABELA 1 - Turbidez em UNT nos pontos e estatística descritiva

	SM 01	SM 02	SM 03	SM 04	SM 05	Média
18/jul	5,29	3,89	1,96	... ²	4,57	3,93
15/ago	2,98	4,66	1,83	3,25	5,11	3,57
19/set	8,49	2,66	2,41	2,71	10,65	5,38
18/out	3,40	2,04	3,30	1,39	5,10	3,05
20/nov	5,92	4,92	4,36	3,06	22,90	8,23
11/dez	42,53 ¹	23,06	36,58	44,57	63,06	41,96
23/jan	7,46	5,70	5,38	4,92	9,24	6,54
15/fev	7,39	7,00	2,79	3,93	8,46	5,91
20/mar	350,00	28,68	9,30	8,00	56,31	90,46
Número de amostras	9	9	9	9	9	
Média Aritmética	48,2	9,2	7,5	9,0	20,6	
Média Geométrica	10,92	6,16	4,41	4,75	12,61	
Mediana	7,39	4,92	3,3	3,59	9,24	
Mínima	2,98	2,04	1,83	1,39	4,57	
Máxima	350	28,68	36,58	44,57	63,06	
Desvio Padrão	113,852	9,681	11,134	14,513	22,902	
Coefficiente de Variação	2,364	1,055	1,476	1,616	1,112	

OBS: ¹ Destaque para os valores acima do permitido para a classe 1 (> 40UNT) e classes 2, 3 e 4 (>100UNT).

² A amostra de julho do ponto SM 04 foi extraviada, o recipiente furou e não suportou o conteúdo da amostra até a sua devida leitura.

O ponto SM 01 apresentou a maior média aritmética, coeficiente de variação e desvio padrão dentre os outros, que se devem à maior máxima, registrada durante a precipitação em março (350 UNT). Este valor é discrepante a qualquer outro registrado no rio. O ponto mais a jusante, SM 05, apresentou os mais elevados valores de mínima, média geométrica e mediana de turbidez dentre os outros pontos.

Espacialmente, a distribuição da turbidez observada de montante para a jusante nos pontos é demonstrada no Gráfico 1. Ele revela um decréscimo da mediana entre os pontos SM 02 e SM 03. A jusante do ponto SM 03 a turbidez aumenta. Destaca-se o incremento significativo nos valores da mínima, mediana e do percentil de 25% a 75% entre os pontos SM 04 e SM 05, onde somente a máxima tem aumento pouco acentuado

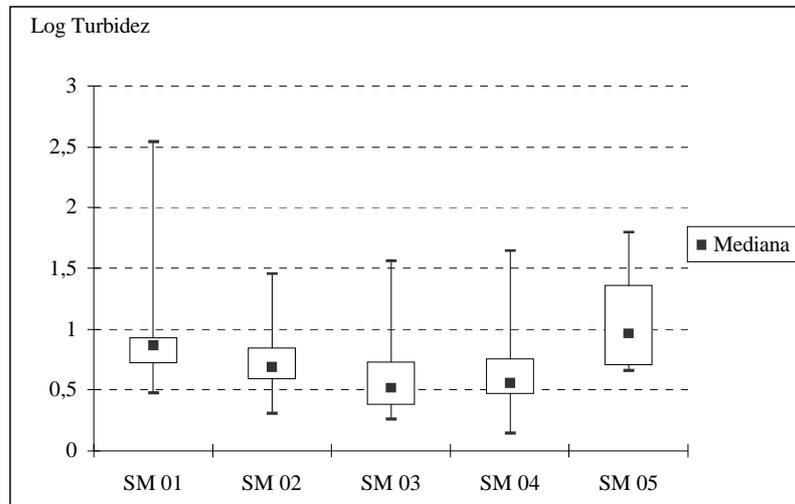


GRÁFICO 1 - Distribuição de valores estatísticos da turbidez nos pontos

O padrão espacial mostra que as áreas críticas que influem na turbidez das águas do rio estão nos pontos SM 01 e SM 05, pois todos os valores estatísticos dos pontos SM 02, 03 e 04 estiveram próximos aos valores obtidos na Estação Calciolândia, sendo todos eles inferiores aos valores obtidos para os pontos extremos (Gráfico 1).

5. Discussão

Os valores das máximas nos pontos indicam alterações na qualidade da água natural provenientes de atividades antrópicas. A variação temporal observada no aumento da turbidez em eventos chuvosos se deve ao impacto e remoção de partículas de solos expostos pela ausência de cobertura vegetal, e o posterior transporte por escoamento superficial para os corpos d'água (Dussart-Baptista *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2003; Valdes *et al.*, 2005).

No mapa da Figura 1 foram utilizados os intervalos de classe dos valores estatísticos da mediana da turbidez para demonstrar a influência das áreas de predomínio da agropecuária e agricultura no padrão espacial configurado pelo parâmetro. A variação da distribuição espacial se firmou com valores de turbidez relativamente inferiores nos pontos SM 02, 03 e 04, quando comparados aos pontos SM 01 e 05.

No ponto SM 01, a desproporção elevada atesta foco de erosão acelerada (voçorocamento). O problema se relaciona a fatores como o manejo inadequado do solo para a atividade agropecuária, aliado à ausência de vegetação nas margens fluviais. A turbidez mais elevada no ponto SM 05 se deve a maior vazão deste trecho no rio onde se ressalta a contribuição do rio Candongas. Entretanto, deve se relacionar o comportamento deste

parâmetro à influência do uso do solo a montante. Os eventos de precipitação de dezembro e março resultaram no aumento da turbidez em todos os pontos, indicando que há um problema comum de erosão laminar acelerada em toda a bacia. Isto sugere que o uso e manejo do solo são realizados de forma inadequada. Os valores da turbidez elevada (em dezembro e março) no ponto SM 05 mostram que a erosão laminar acelerada é mais intensa neste ponto, razão pela qual os valores estatísticos citados são mais elevados. As causas deste comportamento estão na concentração de amplas áreas a montante do ponto, caracterizadas pela predominância de atividades agrícolas e da agropecuária, presentes no baixo curso do rio Candongas e São Miguel, que fazem parte da depressão do rio São Francisco.

Na parte centro sul da Figura 1 (áreas dos pontos SM 01, 02, 03, 04), as dimensões das áreas de agricultura são inferiores às observadas na bacia do rio Candongas (SM 05). Entremeadas aos afloramentos rochosos carbonáticos, a agricultura e o pasto muitas vezes se restringem ao fundo de dolinas. Outro fator é a presença da vegetação ribeirinha nos pontos SM 02, 03 e 04, ausente nos trechos próximos e a jusante dos pontos SM 01 e 05, onde foi retirada por uso agrícola ou das pastagens. Estas áreas agrícolas submetidas a aragem periódica e ao uso e manejo inadequados do solo, bem como de pastagens mal conservadas, resultam em áreas de solo exposto, que representam zonas potenciais de erosão laminar. São áreas fornecedoras de matérias em solução e suspensão e definem a deteriorização da qualidade da água no SM 05, onde, assim como no ponto SM 01, foi verificado a ausência de vegetação ripária em alguns trechos do rio São Miguel, à montante do ponto de monitoramento. Estes mesmos problemas foram observados nos solos expostos de terras agrícolas por Arcova e Cicco (1999), Detenbeck et al. (2002), Gang et al. (2005).

Outro problema observado foi uma relação direta do aumento da turbidez e do número de coliformes. Este fato indica a influência direta do escoamento superficial, laminar e concentrado na remoção de partículas do solo e de fezes de animais no meio rural, principalmente nos períodos de chuvas. Nos pontos SM 01 e SM 05, nos dias das chuvas de dezembro e março, os picos de turbidez coincidiram com os maiores valores de concentrações de coliformes registrados em cada ponto. Esta relação foi evidenciada com maior intensidade no ponto a montante, e não foi claramente identificada na estiagem em outros meses. Fontes difusas da agropecuária desenvolvidas nos campos de pastagens e ausência de matas ripárias nos pontos são a origem da influência destes parâmetros na deteriorização da qualidade da água. Segundo Dussart-Baptista *et al.* (2003), baixos valores de turbidez não significam

ausência do risco de contaminação das águas por bactérias, porém nas situações de alta turbidez a presença delas na águas fica potencializada. Assim como para Silva *et al.* (2003), a associação da turbidez elevada com o número mais provável de coliformes termotolerantes é indicadora de uma perigosa combinação que tende a mascarar a possível presença de organismos patogênicos nas águas.

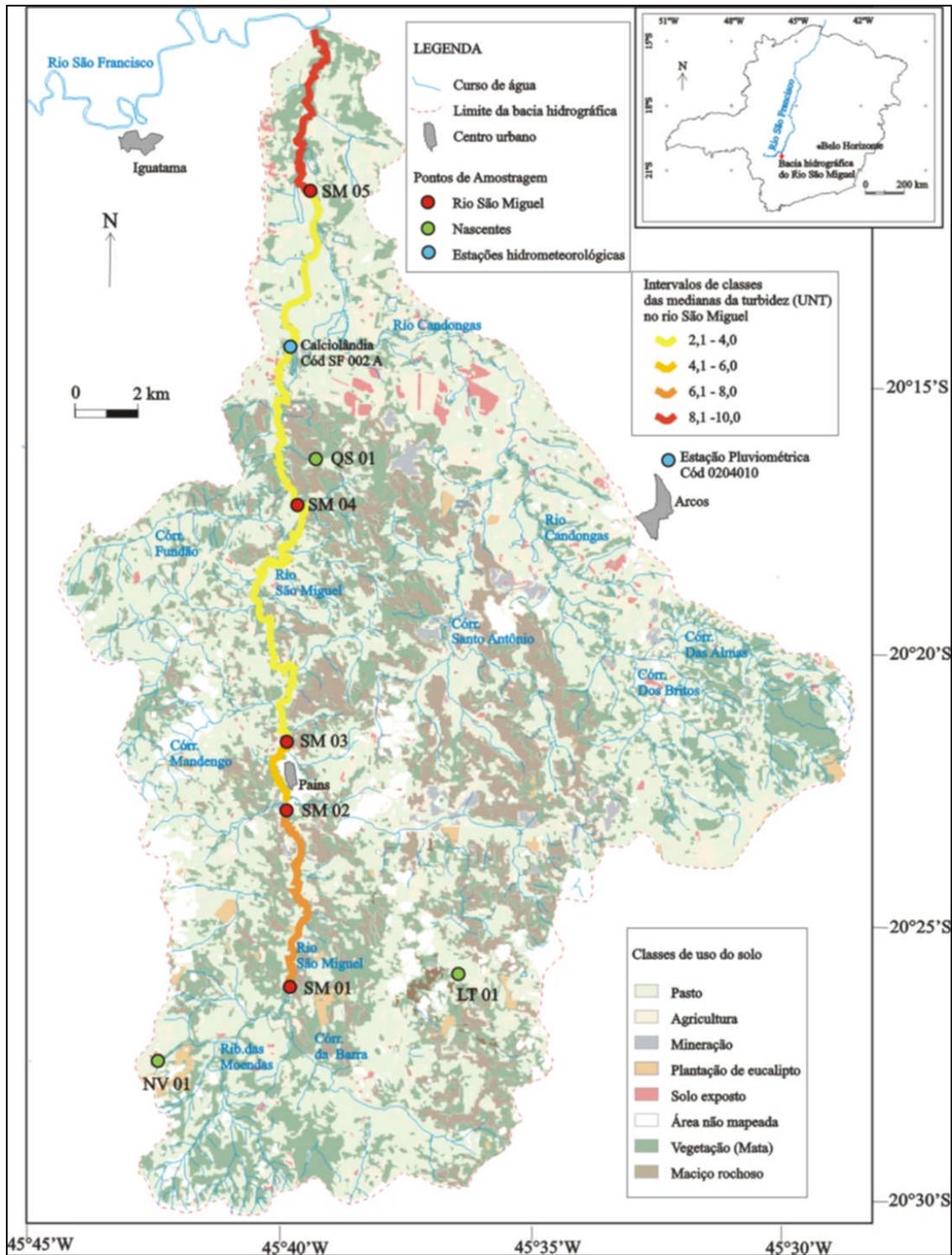


FIGURA 1 – Mapa da bacia hidrográfica do rio São Miguel - uso do solo e intervalos de classe das medianas da turbidez nos trechos (Adaptado de: Cherem (2006); Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (1970))

6. Considerações Finais

Os campos utilizados para agricultura e pecuária que compõem a paisagem rural predominante na área na bacia hidrográfica do Rio São Miguel se constituem em fontes não pontuais de poluição. A substituição da vegetação natural por estes campos provocou a devastação de parte da vegetação de topos, de encostas e ribeirinha, facilitando a erosão do solo e o aporte de carga sedimentar ao canal fluvial. Os efeitos deletérios na água se fizeram notar durante eventos chuvosos com elevação da turbidez nos trechos do alto e do baixo curso do rio. Neste último, há um claro predomínio do uso do solo para a agricultura.

Sazonalmente deve-se considerar que o aumento da vazão no período chuvoso tende a melhorar a qualidade da água, porém os eventos chuvosos ocasionam o aumento da turbidez e dos coliformes termotolerantes na água, caracterizando uma situação de maior susceptibilidade das águas a poluição hídrica na época das chuvas, com tendências de piora da qualidade. Na pesquisa, deve-se ponderar este fato devido aos riscos de subestimação da poluição nos períodos chuvosos uma vez que o verão no período do monitoramento foi mais seco que o indicado pela média pluviométrica de longo termo para a esta estação.

Sugere-se a observação mais detalhada do cuidado com a manutenção e recuperação vegetacional nas zonas ripárias, o que exige o mapeamento em detalhe das áreas onde esta vegetação foi retirada. Os processos de poluição das águas por resíduos derivados da agropecuária podem ser atenuados por técnicas simples como a manutenção ou implantação de vegetação nas zonas de recarga de aquíferos e nas zonas ripárias dos cursos d'água. A vegetação dispersa e reduz o escoamento superficial, facilita a infiltração, além de filtrar a quantidade de sedimentos e elementos químicos que chegam aos corpos d'água.

7. Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPEMIG e à CAPES pelo suporte financeiro da pesquisa à qual esse artigo é um dos resultados.

8. Referência Bibliográfica

Arcova, F. C. S. e Cicco, V. (1999) Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. *Scientia Forestalis*. 56: 125-134.
Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA. (2005) Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília.

- Cherem, L.F.S.(2006) Atlas cartográfico para a gestão ambiental de médias bacias hidrográficas: proposição conceitual-metodológica e o estudo de caso da bacia do rio São Miguel – Alto São Francisco/MG. 85f. Monografia (Graduação em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Detenbeck, N. E.; Elonen, C. M; Taylor, D. L.; Cotter, A. M.; Puglisi, F. A.; Sanville, W. D. (2002) Effects of agricultural activities and best management practices on water quality of seasonal prairie pothole wetlands. *Wetlands Ecology and Management*. 10: 335–354.
- Dussart-Baptista, L.; Masseur, N. Dupont, J.-P. ;Jouenne, T. (2003) Transfer of bacteria-contaminated particles in a karst aquifer: evolution of contaminated materials from a sinkhole to a spring. *Journal of Hydrology*. 284: 285–295.
- Félix, A. A. e Freitas Jr, R. L. (2000) Mapeamento geológico e hidrogeológico da bacia hidrográfica do rio São Miguel – Alto São Francisco, Estado de Minas Gerais. 105f. (Trabalho Geológico de Graduação) Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Gang, D.; Qiang, Z.; Zhang, Y.; Kadari, R. K. (2005). Nonpoint sources. *Water Environment Research*. 77(6): 2527-2575.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Diretoria de Geodésia e Cartografia. Arcos. 1ª Ed., 1970. Folha SF 23-C-I-4, Carta do Brasil, Escala 1: 50.000.
- Menegasse, L. N.; Gonçalves, J. M.; Fantinel, L. M. (2002) Disponibilidades hídricas na Província Cárstica de Arcos Pains e Doresópolis – Alto São Francisco, Minas Gerais, Brasil. *Revista Águas Subterrâneas*. 16: 1-19.
- Saadi, A. (1991) Ensaio sobre a morfotectônica de Minas Gerais: tensões intraplaca, descontinuidades crustais e morfogênese. f.131-191. Tese (Tese de Professor Titular do Departamento de Geografia). Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Soares, L. (2004) Unidades de paisagem da bacia hidrográfica do rio São Miguel: Província Cárstica de Arcos-Pains-Doresópolis, Minas Gerais. 72f. Monografia (Graduação em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Silva, A. M., Schulz, H. E. e Camargo, P. B. (2003) Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas. São Carlos: RiMa. pp.11-45; 83-91.
- United States Environmental Protection Agency – USEPA (1995) Water quality standards handbook. USA: Government Institute.
- Valdes, D.; Dupont, J. P.; Massei, N.; Laignel, B; Rodet, J. (2005) Analysis of karst hydrodynamics through comparison of dissolved and suspended solids' transport. *Compter Rendus Geoscience*. 337: 1365–1374.
- Velasco, J.; Lloret, J.; Millan, A.; Marin, A.; Barahona, J.; Abellan, P. and Sanchez-Fernandez, D. (2006) Nutrient and particulate inputs into the Mar Menor Lagoon (SE Spain) from an intensive agricultural watershed. *Water, Air, and Soil Pollution*. 176: 37-56
- World Health Organization – WHO (1993). *Guidelines for Drinking-Water Quality*. 2nd. Ed. Geneve: v.1 – Recommendations. pp.1–15; 39–57. v.2 – Health criteria and other supporting information. pp.1-18; 82-86; 121–130; 195–201; 254–266; 325-326; 370-372; 383-385.