

## Impactos de Ações Antrópicas em Bacias de Manancial Rurais de Montanha Sobre Parâmetros de Qualidade de Água

Cinthia Barroca de Castro e Antônio Sérgio Ferreira Mendonça

Grupo de Estudos e Ações em Recursos Hídricos (GEARH) - DEA-CT-UFES

Caixa Postal: 01-9011 - CEP: 29060-970 - Vitória - ES - Brasil - anserfm@nutecnet.com.br

Recebido: 18/11/02 – revisado: 09/01/03 – aceito: 31/07/03

### RESUMO

Com objetivo de analisar os impactos das atividades humanas, incluindo o desmatamento, sobre os recursos hídricos de pequenas bacias hidrográficas, o estudo, desenvolvido no município de Santa Maria de Jetibá, situado na região serrana do Estado de Espírito Santo, foi utilizado para avaliar os impactos locais das ações humanas em bacias com diferentes usos e ocupações. O estudo foi desenvolvido com análise e cruzamento de dados das bacias usando Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e monitoramento dos recursos hídricos, comparando-se bacias florestadas e antropizadas através das características pedológicas, geomorfológicas, climáticas e da análise de qualidade da água. As avaliações de qualidade mostraram piores condições para as áreas cultivadas devido à exposição e erosão do solo, fertilização, irrigação e práticas de queimadas. Foi concluído que a magnitude dos impactos depende da intensidade do uso e da condução do manejo na bacia hidrográfica, influenciando na qualidade do desflúvio dos rios rurais. O escoamento superficial, tipos de solo e cobertura vegetal se mostraram fatores importantes nas alterações de qualidade de água. Foi observada melhor qualidade da água em bacias que apresentam cobertura vegetal mais densa e fase de regeneração mais avançada, confirmando o papel de proteção exercido pelas florestas em regiões montanhosas e os sérios impactos sobre os recursos hídricos de pequenas bacias pelo desmatamento e ocupação humana.

**Palavras-Chave:** Bacia hidrográfica; ações antrópicas; qualidade da água.

### INTRODUÇÃO

A qualidade da água, resultante dos processos que ocorrem na bacia de drenagem é utilizada como indicadora da manipulação do uso do solo nas bacias hidrográficas.

A agricultura, como importante fator de mudanças no uso do solo, intervém de maneira qualitativa e quantitativa no ciclo hidrológico.

Dúvidas e controvérsias a respeito dos efeitos da substituição de florestas por práticas agrícolas contribuem para a necessidade crescente do estudo de bacias hidrográficas experimentais florestadas, com o intuito de avaliar os potenciais impactos de manejo do solo.

O estudo de caso realizado no município de Santa Maria de Jetibá, ES, localizado na região serrana do estado, objetivou avaliar, por meio da análise das características de bacias com a aplicação de sistemas de informações geográficas, monitoramento quali-quantitativo dos parâmetros de qualidade de água e análise de literatura, os impactos causados pelo uso e ocupação humana em áreas anteriormente cobertas por florestas.

### MATERIAL E MÉTODO

A revisão de literatura visou a obtenção de padrões de comparação para os resultados obtidos do estudo de caso.

Situada a cota 850 metros, a bacia do rio São Sebastião de Cima, município de Santa Maria de Jetibá, possui relevo fortemente ondulado, com vegetação nativa representada pela floresta ombrófila aberta com remanescentes em regeneração secundária e capoeiras, com médias anuais de temperatura de 22,3°C e de precipitação de 1250 mm.

A escolha das quatro bacias para este estudo foi feita a partir de visitas de campo, análise de fotos aéreas e o uso de SIG, considerando apenas parte das bacias situadas a montante dos seus respectivos pontos de coleta avaliando apenas as áreas de contribuição. Tais bacias possuem divisores topográficos em comum para se evitar variações do microclima, de solo e precipitações pluviométricas.

Além das fotos aéreas, foi feito um levantamento plani-altimétrico e de uso e ocupação do solo. As fotos aéreas e os mapas foram digitalizados e georreferenciados usando o Software Microstation e os dados transferidos e

**Tabela 1 - Principais características das bacias do rio São Sebastião de Cima, Município de Santa Maria de Jetibá, ES.**

Descrição	B1	B2	B3	B4
1. Coordenadas UTM	E.310339/N.7789058	E.310943/N.7788291	E.309017/N.7788089	E.310858/N.7787890
2. Área Total (ha)	123,09	43,78	23,83	82,99
3. Declividade Média (%)	44,3	37,5	49,5	43,2
5. Erodibilidade	Baixa/média	Baixa	Média	Baixa/média
8. Proteção efetiva	Média/alta	Alta	Alta	Média
9. Outros	População presente é significativa.	Sem população a montante do ponto de coleta.	Residência próxima ao ponto de coleta; Menor velocidade de fluxo.	7,6 % de solo exposto; presença de residências, barramentos e pocalgas.

**Tabela 2 - Características de composição de solo em parte das bacias do Rio São Sebastião de Cima, Município de Santa Maria de Jetibá, ES.**

Descrição	CLASSIFICAÇÃO DO SOLO				
	ÁREA (ha)				
	Latossolo vermelho-amarelo	Cambissolo	Rocha	Gleissolos	Neossolos
B1	105,20	2,49	-	5,36	9,95
B2	39,20	4,46	-	-	-
B3	21,85	-	1,70	0,24	-
B4	67,32	3,87	0,94	10,82	-

processados no software GRASS 4.1, gerando os mapas temáticos e demais informações do trabalho.

Foram realizadas análises de solos e medições de vazão com vertedor triangular ou com micromolinete no período de Julho de 1999 a Janeiro de 2000.

Dados hidrometeorológicos do período de campanha foram obtidos junto a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2000), nas estações de Santa Maria de Jetibá e Cachoeira Suíça mais próximas da área de estudo.

Para a análise qualitativa da água, utilizaram-se os parâmetros temperatura, OD, pH, sólidos suspensos e dissolvidos, NTK, nitrato e nitrito, fósforo total e dissolvido, condutividade elétrica, turbidez, DBO e coliformes fecais.

As coletas foram realizadas mensalmente e processadas segundo o “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (1995) pelo Laboratório de Saneamento – LABSAN/UFES e complementadas pelos laboratórios da CESAN e da Secretaria Estadual para Assuntos do Meio Ambiente do ES – SEAMA. Os parâmetros pH, OD e temperatura do defluvio foram medidos em campo por aparelhos portáteis.

Os limites de tolerância utilizados para os parâmetros analisados foram preconizados pela Resolução CONAMA No. 20 de 18/06/86.

O Índice de Qualidade de Água – IQA, foi utilizado para o acompanhamento da variação da qualidade da água.

## RESULTADOS

A caracterização das bacias é mostrada, resumidamente, na Tabela 1, a partir das informações geradas pelo Sistema de Informações Geográficas.

A classe do solo determina sua característica química e sua correlação com o meio ambiente pode influenciar na característica do defluvio (Dias, 1995; Palmieri *et al.*, 1996). Na região de estudo, Tabela 2, Figura 1, a predominância de LATOSOLO VERMELHO AMARELO define boa drenagem à região, perfil profundo com horizontes pouco diferenciados e sem minerais primários. O pequeno tamanho dos agregados confere elevada resistência e grande quantidade de microporos resultando em maior capacidade de retenção de água no solo, baixa a média erodibilidade e média a alta capacidade de compactação do solo (Tomé Jr., 1997).

Das quinze amostras de solo coletadas identificou-se textura com média a pouca capacidade de movimentação de nutrientes, alta lixiviação de bases, conferindo baixa fertilidade, alto teor de alumínio, alta fixação de fósforo e baixa saturação de base. A importância dessas análises para a qualidade ambiental está na caracterização do fluxo de nutrientes na região – ciclo geoquímico (Reis e Barros, 1990).

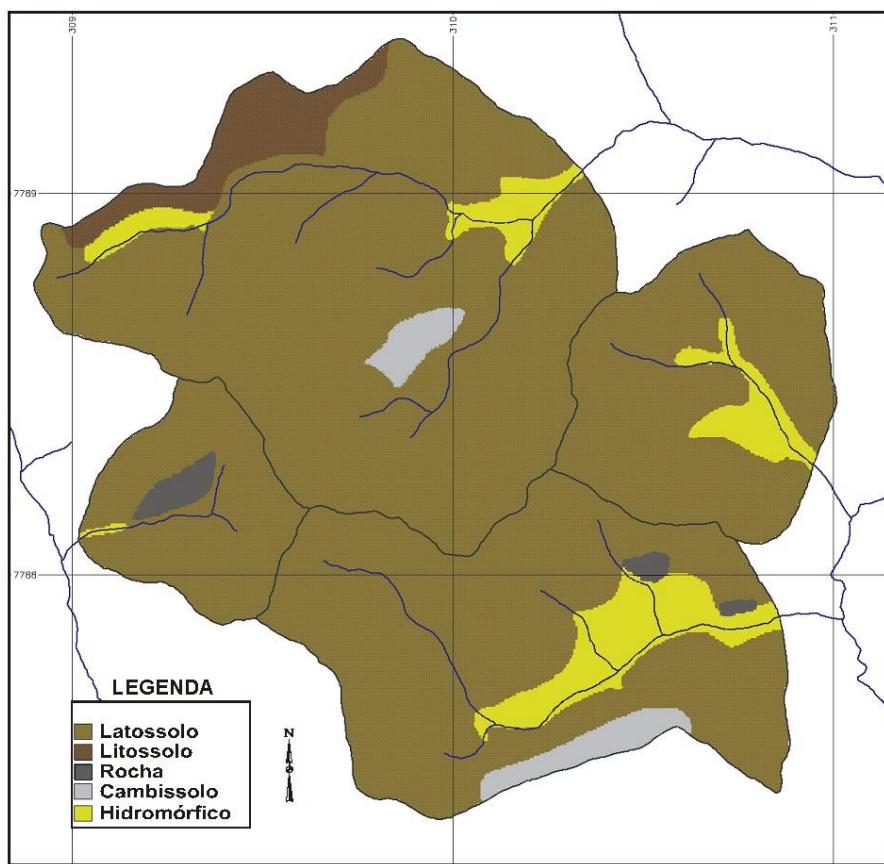


Figura 1 - Mapa de solo de parte das bacias do Rio São Sebastião de Cima, Município de Santa Maria de Jetibá, ES.

Tabela 3 - Características de uso e ocupação em parte das bacias do Rio São Sebastião de Cima, Município de Santa Maria de Jetibá, ES.

DESCRIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO									
	ÁREA (ha)									
	Café velho	Café novo	Olericultura	Milho	Solo exposto	Floresta	Capocreira	Pasto	Macega	Eucalipto
B1	36,09	7,94	0,98	0,52	1,38	59,48	14,53	-	2,16	-
B2	7,12	1,62	0,56	-	2,94	26,65	0,42	-	1,19	3,28
B3	0,99	-	0,01	-	-	19,24	3,57	-	-	0,01
B4	12,76	0,33	7,14	-	6,31	48,17	6,18	0,96	0,75	0,38

Por ser um elemento de baixa mobilidade, o fósforo tem circulação somente diante da degradação de compostos orgânicos, sendo fixado facilmente pela fase sólida do sistema solo – reação de adsorção e precipitação principalmente pela fração argila. Esse processo conduz à baixa perda do elemento, dependendo da erodibilidade e da proteção efetiva exercida pela vegetação (Suertegaray, 1996) e da baixa capacidade de circulação no ambiente.

Na região de estudo, a incorporação do elemento ao sistema agrícola e o escoamento superficial foram os principais fatores de perda do fósforo. Sua fixação é controlada pelo baixo valor de pH do solo.

É observada uma cobertura florestal de topo de morro em torno de 50% das áreas totais das sub-bacias, Tabela 3, Figura 2. No entanto, pela condição de declividade dessas, a quantidade não representa o percentual necessário à efetiva proteção nas áreas de preservação permanente.

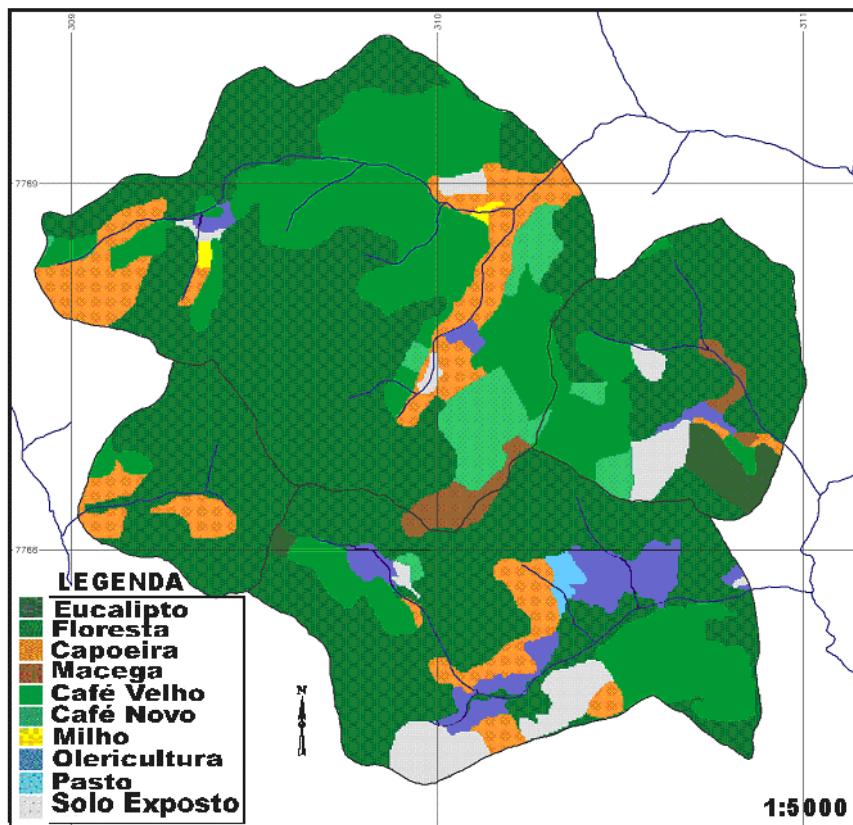


Figura 2 - Mapa de uso e ocupação do solo de parte das bacias do Rio São Sebastião de Cima, Município de Santa Maria de Jetibá, ES.

As bacias apresentam proteção efetiva variável, conforme a atividade predominante e a área que essa representa. Temos a bacia B1 com médio grau de proteção conferido pelo café velho e B4 com médio a baixo grau de proteção conferido pelo café novo, olericultura, solo exposto e pastagem. Por outro lado, temos alta proteção nas bacias B2 e B3, pelo predomínio da cobertura florestal.

A vegetação interfere de forma quantitativa e qualitativa no ciclo hidrológico conforme seu grau de proteção ao solo, sua composição química e quantidade de manta orgânica. A forma como é feita a interceptação altera o tempo de residência da água no sistema, diminuindo o escoamento superficial e a quantidade de energia radiante que limita a evapotranspiração. Isso significa regularização de vazão e alteração da quantidade de chuva – duração, freqüência e intensidade.

Os dados de precipitação pluviométrica, Figura 3, mostraram dois períodos bem definidos de seca e chuva. Estes períodos se refletiram nas vazões medidas durante o período e nos valores dos parâmetros de qualidade de água monitorados.

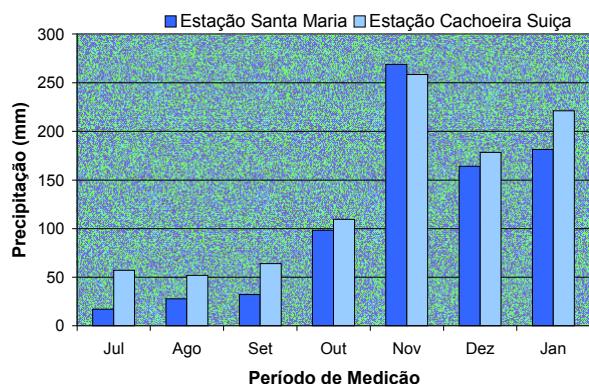


Figura 3 - Valores da precipitação média mensal ocorrida na região no período Julho de 1999 a Janeiro de 2000, Municípios de Santa Maria de Jetibá e Santa Leopoldina, ES.

A partir das vazões específicas, mostradas na Figura 4, pode ser observado que, no período de seca, as altas taxas de transpiração reduziram significativamente as saídas de água, para as bacias B2 e B3. Isto ocorreu principalmente na bacia B3, que se encontra em estágio

sucessional menos avançado, com maior taxa de crescimento e de transpiração (Pires-O'Brien e O'Brien, 1995).

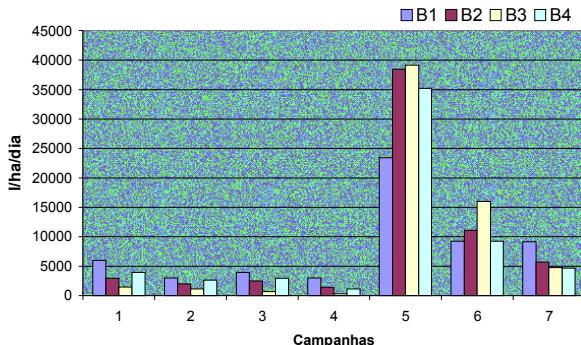


Figura 4 - Vazões específicas diárias observadas, no período de Julho de 1999 a Janeiro de 2000, em parte das bacias do Rio São Sebastião de Cima, Município de Santa Maria de Jetibá, ES.

Pelos resultados apresentados, Tabela 4, os níveis de nitrato e nitrito estão abaixo dos limites estipulados pela legislação CONAMA No. 20/86.

Os valores mais elevados para a série nitrogenada foram observados nas bacias B1 e B4. Os valores de nitrogênio amoniacal e orgânico não foram muito diferentes das demais campanhas, sugerindo um acréscimo via escoamento, percolação (lixiviação) de áreas agrícolas, ou por parte de fertilizantes (sulfato de amônio, uréia, ou fosfato de amônio – de uso mais comum na região

Na campanha 4, o aumento de N-NH<sub>3</sub> e N-Org deveu-se principalmente à maior concentração dos elementos, tendo em vista a menor vazão observada durante o período. Porém, na campanha 5, seguinte, o carreamento de nitrato tornou essa classificação da poluição intermediária a remota, sem que os valores do nitrogênio amoniacal e orgânico se modifassem substancialmente, originado apenas pelo acúmulo ocorrido durante o período de baixa vazão.

As concentrações de Nt, NTK, NH<sub>3</sub> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup> verificadas na bacia B2, campanha 5, podem estar relacionadas com a decomposição do sistema radicular e destruição dos mecanismos de conservação da área recém desmatada (6,5%) e com queimada (JEFFREY, 1973; OLIVEIRA, 1989).

Nas bacias B1 e B4, a presença de residências faz com que haja um incremento de matéria orgânica nos corpos d'água, podendo ser constatado pela alta concentração de N-Org. No entanto, após B4, a bacia B3 foi a que apresentou os maiores valores devido à presença de fossa séptica mal localizada na proximidade do ponto de coleta

A supressão da vegetação nativa eleva a temperatura no solo resultando em violenta ascensão de ar e consequente desestruturação e erosão do solo. Na maior parte das bacias as quantidades de sedimentos suspensos nos cursos d'água refletem na quantidade de fósforo particulado encontrado, da mesma forma que a temperatura acelera o processo de nitrificação, refletindo na quantidade de nitrato encontrado nas análises de água, principalmente após as primeiras chuvas. O processo pode ser atribuído à área desmatada em B4 (7,6%), além da adubação, mineralização da matéria orgânica acumulada durante o período de seca e do excremento de suínos (Agioda *et al.*, 1992);

Como as principais fontes de nitrogênio para as plantas são nitrogênio molecular (N<sub>2</sub>), íon amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, em solos pobres, mas agricultáveis, com baixo teor de matéria orgânica, há necessidade de complementação com adubação (Dias, 1995).

Devido às práticas agrícolas, as bacias B1 e B4 em geral apresentaram maiores valores do parâmetro NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. A exposição do solo por cobertura de pouca proteção efetiva e a aplicação de fertilizantes podem representar as razões para esse comportamento. Além disso, a irrigação inadequada observada na região pode contribuir para o seu carreamento, através do escoamento superficial, percolação profunda (arraste de sais) e sedimentos em ocasião de baixa vazão (Bernardo, 1992).

Estudos realizados por Pekárová *et al.* (1996) demonstram que as concentrações de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> anuais foram mais altas em bacias agrícolas ao contrário do observado para aquelas florestadas. Este resultado pode ser visualizado nos valores médios encontrados nas bacias em estudo.

O aumento de nitrato nas bacias também pode ser explicado por características pedológicas. Para Palmieri *et al.* (1996), os solos se desenvolvem sobre rochas e sedimentos, pela ação integrada dos agentes climáticos e organismos, condicionados pelo relevo: a) dinâmica da água; b) espessura do solo e diferenciação de horizontes; c) horizontes superficiais, espessura e teor de matéria orgânica; d) cor e temperatura do solo; e) saturação de bases e lixiviação.

A característica de baixa Capacidade de Troca Catiônica (CTC) ocasionada pela acidez do solo (solução do solo) provocaria um aumento da lixiviação de nitrato, além das bases trocáveis para os cursos d'água como mencionado anteriormente.

Recentes estudos citados por Meissner *et al.* (1998) mostram que, na Alemanha, a agricultura é diretamente responsável por mais de 50% do nitrogênio lixiviado para córregos e rios devido, principalmente, ao carreamento de terra, poluição difusa, através do escoamento superficial e sub-superficial.

Tabela 4 - Tabela das concentrações (mg/l) dos principais parâmetros nitrogenados e a vazão de massa média (t/ha/ano) em parte das bacias do Rio São Sebastião de Cima, Município de Santa Maria de Jetibá, ES.

Bacia	Parâmetros	Campanhas							Conc. Média	Vazão em massa
		1	2	3	4	5	6	7		
<b>B1</b>		-	-	0,69	1,33	1,99	1,10	0,65	1,15	0,010
<b>B2</b>	Nitrogênio	-	-	0,63	0,69	3,13	1,17	0,42	1,21	0,023
<b>B3</b>	Total	-	-	0,98	1,19	2,05	1,57	0,59	1,28	0,016
<b>B4</b>		-	-	0,87	0,77	3,35	1,27	0,54	1,36	0,022
<b>B1</b>		-	-	0,09	0,16	0,33	0,32	0,10	0,2	0,002
<b>B2</b>	Nitrogênio	-	-	0,16	0,15	0,38	0,22	0,04	0,19	0,003
<b>B3</b>	Amoniacal	-	-	0,11	0,14	0,15	0,24	0,06	0,14	0,001
<b>B4</b>		-	-	0,07	0,11	0,20	0,24	0,06	0,14	0,001
<b>B1</b>		-	-	0,42	1,12	0,48	0,48	0,40	0,58	0,003
<b>B2</b>	Nitrogênio	-	-	0,41	0,49	0,90	0,69	0,36	0,57	0,007
<b>B3</b>	Orgânico	-	-	0,74	1,00	1,03	0,89	0,38	0,81	0,008
<b>B4</b>		-	-	0,44	0,59	1,36	0,79	0,40	0,72	0,010
<b>B1</b>		0,17	0,14	0,18	0,05	1,18	0,26	0,16	0,31	0,005
<b>B2</b>	Nitrato	0,02	0,03	0,06	0,05	1,85	0,26	0,02	0,33	0,013
<b>B3</b>		0,01	0,09	0,13	0,05	0,87	0,42	0,15	0,25	0,006
<b>B4</b>		0,21	0,31	0,36	0,07	1,79	0,24	0,08	0,44	0,012

Tabela 5 - Concentrações de OD (mg O<sub>2</sub>/l) encontrados em parte das bacias do Rio São Sebastião de Cima, Município de Santa Maria de Jetibá, ES.

Bacias	Campanhas						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>B1</b>	7,7	8,0	7,5	6,8	8,7	7,6	7,7
<b>B2</b>	8,4	8,6	7,6	7,8	6,8	7,2	7,2
<b>B3</b>	6,5	7,8	7,4	6,8	7,6	7,3	6,6
<b>B4</b>	7,2	7,8	6,8	5,5	7,0	7,6	6,5

Tabela 6 - Concentrações da série fosfatada (mg/l) e vazão em massa média (t/ha/ano) em parte das bacias do Rio São Sebastião de Cima, Município de Santa Maria de Jetibá, ES.

Bacia	Parâmetro	Campanhas							Conc. Média	Vazão em Massa
		1	2	3	4	5	6	7		
<b>B1</b>		-	-	0,009	0,047	0,120	0,060	0,059	0,045	0,001
<b>B2</b>	Fosfato Total	-	-	0,020	0,025	0,050	0,030	0,024	0,029	0,0004
<b>B3</b>		-	-	0,020	0,146	0,050	0,030	0,018	0,047	0,0004
<b>B4</b>		-	-	0,040	0,175	0,400	0,150	0,079	0,142	0,003
<b>B1</b>		-	-	0,007	0,004	0,010	0,010	0,010	0,007	0,0001
<b>B2</b>	Fosfato Dissol-	-	-	0,010	0,001	0,000	0,010	0,002	0,004	0,0000
<b>B3</b>	vido	-	-	0,010	0,006	0,000	0,010	0,001	0,006	0,0000
<b>B4</b>		-	-	0,030	0,137	0,230	0,080	0,070	0,090	0,002

Os limites preconizados pela Resolução CONAMA No. 20, de 18/06/1986, para compostos nitrogenados são: amônia não ionizável (0,02 mg de NH<sub>3</sub>/l), nitrato (10 mg de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l) e nitrito (1 mg de NO<sub>2</sub><sup>-</sup>/l) para classes 1 e 2. Não existem limites para teores NTK e nitrogênio orgânico.

O processo de nitrificação pode refletir no consumo de Oxigênio Dissolvido. Os baixos valores de OD apresentados nas campanhas que sucederam as primeiras

chuvas, Tabela 5, coincidem com os meses anteriores que ocorreram limpeza do terreno com queimada

Observando apenas as concentrações de fosfato total (P), as quantidades encontradas nas bacias, Tabela 6, ultrapassaram o limite de 0,025 mg de P/l em quase todas as campanhas, especialmente nos períodos de elevadas precipitações (campanhas 5 e 6).

Ao observarmos as proporções das formas de fósforo nas bacias verificamos que os resultados estão

relacionados com o grau de proteção exercido pela cobertura vegetal.

Nas bacias B1 e B4, o uso de fertilizantes fosfatados na forma dissolvida, a prática de irrigação e despejos domésticos seriam as possíveis causas da elevada concentração de  $P_d$  em boa parte das campanhas e principalmente em B4. O contrário foi observado nas bacias B2 e B3, com cobertura florestal predominante. Deve-se lembrar que a quantidade de residências encontradas nas bacias B1 e B4 é significativa e todo esgoto é lançado sem tratamento nos córregos.

Resultados de estudos na Eslováquia, conduzidos por Pekárová *et al.* (1996), demonstraram que os valores de fosfato dissolvido alcançaram até 0,01 mg/l em bacias florestadas, condizentes com os valores observados nas bacias B2 e B3. Os valores para bacias agrícolas encontradas pelos mesmos autores foram de 0,03 mg/l, enquanto que o valor médio encontrado na bacia B4 é de 0,09 mg/l, três vezes superior aos apresentados pelo estudo relatado, e por B1, de 0,01 mg/l. As características de solo, relevo, clima e de cobertura florestal podem ter sido fatores determinantes para essas diferenças.

Entretanto, dando destaque às campanhas 4, de menor vazão, e 5, de maior vazão, a bacia B4, caracterizada por menor proteção ao solo, apresentou as maiores concentrações de  $P_d$ , devido ao maior carreamento desse nutriente para os corpos d'água.

O comportamento do  $P_d$  apresentado durante a campanha 4 na bacia B4 pode ter sido causado pelo acúmulo do nutriente nos corpos d'água, carreado pelo excedente da irrigação. Na campanha 5 esse se encontrou elevado, provavelmente em consequência da lavagem do solo exposto e das práticas agrícolas características de adubação de cobertura em período inicial de chuvas. O fósforo como macroelemento de pouca mobilidade no solo, há necessidade de aplicação de adubos fosfatados para suprir as necessidades das culturas, sendo dispostos em forma dissolvida para melhor assimilação.

A quantidade de  $P_t$  está relacionada com a quantidade de  $P_s$  nos corpos d'água, seja na forma particulada na matéria orgânica (vegetação florestal), seja aderida ao sedimento erodido de solos desprotegidos e/ou inadequadamente manejados, ou de terrenos declivosos.

Apesar de apresentarem uma quantidade elevada de  $P_s$ , as bacias B2 e B3 apresentaram valores de  $P_t$  abaixo dos observados nas demais no decorrer das campanhas, porém ultrapassaram o limite definido pelo CONAMA No. 20/86, em boa parte delas, incluindo a campanha 5. No entanto, se analisados os valores de vazão em massa, essas bacias apresentam os maiores valores em

conformidade com a perda de sólidos ocorrida no período.

A utilização de práticas como queimadas pode interferir na dinâmica de nutrientes em bacias hidrográficas com uso de solo predominantemente agrícola. Trabalhos conduzidos por Bruijnzeel (1993) indicam que as concentrações de nutrientes nos rios foram maiores em bacias conduzidas por queimadas em relação às bacias com tratamento mecânico. As queimadas destroem a camada protetora superficial do solo, diminuindo sua umidade, elevando o fluxo de nutrientes e de sedimentos carreados para os córregos. Tal prática foi observada nas bacias B1, B2 e B4 do Rio São Sebastião de Cima, principalmente nesta última.

A exportação de sedimentos pelas bacias tendem a variar com a quantidade de chuva, tipo de solo, cobertura e declividade, verificados nos menores valores apresentados por B2, com maior proteção efetiva do solo, melhor estrutura do solo (Lva), e menor declividade, somente modificando esse cenário na campanha 5, consequente da retirada de parte da vegetação.

O acréscimo das concentrações de sólidos dissolvidos interferiu para o aumento da condutividade elétrica (Porto *et al.*, 1991; Miranda, 1998), confirmando as interferências das atividades antrópicas para a depreciação dos parâmetros, incluindo os maiores valores de condutividade para B1 e B4, pelo aumento da disponibilidade de nutrientes nessas bacias (Prévost *et al.*, 1999).

Uma comparação entre a quantidade de  $P_s$  e de  $S_s$  pode ser feita, relacionando a porção relativa do elemento aderido ao sedimento, Tabela 7. Exceção deve ser considerada para a bacia B3 devido a problemas ocorridos durante a coleta de água pela característica siltosa do leito principal, enquanto as demais se verifica arenosa.

Deve-se lembrar também que a condutividade elétrica é influenciada pela concentração de sais presentes na água. As atividades antrópicas, incluindo lançamento de esgotos são causas freqüentes de aumentos de concentrações de sais, indicado pelo aumento na disponibilidade de nutrientes nessas bacias (Prevost *et al.*, 1999), principalmente após o início do período chuvoso.

Considerando os valores de turbidez, Tabela 8, ocasionados principalmente por sólidos suspensos, e esses consequentes da falta de proteção do solo e da origem antrópica, seus valores elevados encontrados para as bacias B1 e B4 foram coerentes com o esperado, embora não tenham ultrapassado o limite preconizado pela Resolução CONAMA No. 20/86.

Os valores de condutividade registrados para as bacias menos florestadas (B1 e B4), Tabela 8, foram superiores àqueles referentes às bacias B2 e B3, devido a nutrientes dissolvidos (N e P) e sólidos.

Tabela 7 - Concentrações de sólidos suspensos e dissolvidos (mg/l) e vazão em massa média (t/ha/ano), em parte das bacias do Rio São Sebastião de Cima, Município de Santa Maria de Jetibá, ES.

Bacias	Parâmetros	Campanhas							Conc. média	Vazão em massa
		1	2	3	4	5	6	7		
B1		7	34	25	20	46	20	5	22,4	0,21
B2	Sólidos	7	28	4	30	48	8	4	18,4	0,34
B3	Suspensos	11	34*	48*	59*	55	5	4	30,9*	0,40*
B4		8	52	5	26	51	10	8	22,9	0,34
B1		33	27	33	23	33	119	36	43,4	0,20
B2	Sólidos Dissolvidos	36	16	44	23	58	123	24	46,3	0,35
B3		32	30	43	23	56	96	27	43,9	0,35
B4		36	45	44	46	69	160	27	61,0	0,38

\* Valores não confiáveis devido a problemas operacionais nas coletas.

Tabela 8 - Valores de condutividade elétrica (µS) observados em parte das bacias do São Sebastião de Cima, Município de Santa Maria de Jetibá, ES.

Bacias	Parâmetro	Campanhas						
		1	2	3	4	5	6	7
B1		21	24	-	23	69	30	2
B2	Condutividade Elétrica	13	17	-	16	61	24	1
B3		16	18	-	19	51	23	2
B4		30	33	-	37	84	124	3
B1		3	3	6	6	30	15	7
B2	Turbidez	1	2	1	3	11	2	1
B3		1	3	10	8	5	1	1
B4		3	10	30	5	72	10	5

A diferença de proteção efetiva da cobertura florestal se reflete nos valores dos IQAs, Figura 5. Os valores obtidos nos cálculos realizados para as bacias, mostraram melhores valores para B2 e B3 respectivamente. Apesar da bacia B3 possuir atualmente maior percentagem de área ocupada por florestas, foi ocupada no passado por pastagens e apresenta povoamento florestal menos denso, além da alta declividade, refletindo em valores menores para alguns parâmetros. Sua regeneração encontra-se em estágio menos avançado em comparação com o da área florestal da bacia B2.

O maior transporte de sedimentos e a lavagem do solo para os cursos d'água são os possíveis motivos para tal comportamento. Os menores índices foram observados para as bacias B1 e B4 demonstrando os efeitos negativos da mudança de uso e ocupação do solo para atividades agrícolas, principalmente nessa última pela menor proteção do solo.

Outros fatores que contribuíram para o menor índice na bacia B3 foram os valores de Coliformes fecais e de sólidos suspensos, superiores em várias ocasiões aos encontrados na bacia B2, devido à presença de uma fossa próxima a ponto de coleta.

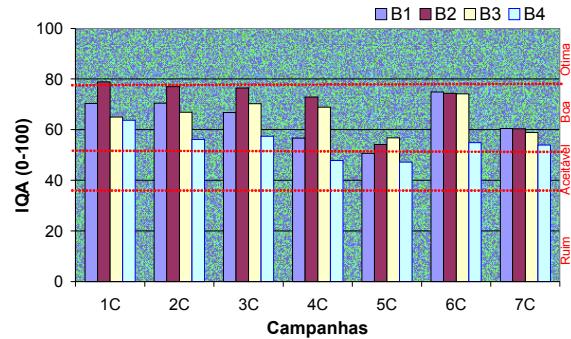


Figura 5 - Valores dos IQAs calculados para o período de Julho de 1999 a Janeiro de 2000, em parte das bacias do Rio São Sebastião de Cima, Município de Santa Maria de Jetibá, ES.

## CONCLUSÃO

O estudo confirma que as florestas representam, em grande parte, uma proteção efetiva, uma vez que as práticas agropecuárias, sem manejo sustentável, e a falta de saneamento básico adequado representam fatores de degradação do solo e do ambiente. A conclusão é confirmada pelos resultados do monitoramento, os quais se mostraram melhores nas bacias florestadas (B2 e B3), do

que aqueles apresentados nas bacias agrícolas com ocupação humana (B1 e B4);

Comparativamente entre B1 e B4, a primeira apresentou melhores condições pelo fato de a cafeicultura representar maior proteção ao solo do que o cultivo de olerícolas e pastagens.

Entre as bacias B2 e B3, a primeira revelou-se estar em melhores condições, embora apresente menor cobertura florestal. Esse fato deve-se à maior densidade de suas matas, em comparação à segunda, e às suas características geomorfológicas. O estágio de regeneração das bacias florestadas influencia o consumo de água pela vegetação em crescimento, refletindo em redução nas vazões específicas.

A condutividade elétrica mostrou-se variável com a quantidade de substâncias dissolvidas nos corpos d'água, uma vez que as bacias mais manejadas apresentaram maiores índices. O uso intensivo da terra resulta no acúmulo de nutrientes e agroquímicos no solo, o que representa um risco potencial significante para a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Os resultados apresentados pelas bacias B1 e, principalmente, B4, exemplificam bem o impacto do uso intensivo destes ecossistemas.

Sobre Tudo, o impacto observado nos corpos d'água devido ao desmatamento é maior após as primeiras chuvas. Esse fato pode ser observado nos resultados das análises físico-químicas referentes às bacias mais manejadas – B1 e B4.

As bacias estudadas encontram-se nas cabeceiras de um dos principais afluentes do Rio Santa Maria da Vitória, um dos principais mananciais de abastecimento da Grande Vitória e já apresentam problemas no que concerne a diversos parâmetros qualitativos.

A bacia do Rio Santa Maria da Vitória é composta de várias outras bacias com características semelhantes às estudadas. Dessa forma, conclui-se que, para a preservação e recuperação deste manancial, fazem-se necessárias ações urgentes de controle de fontes poluidoras nas bacias rurais.

## REFERÊNCIAS

- AGIOLA, A.; MERLO, C.; CARMANTRAND, B.; SIMON, J.C.; JAMET, P. Efeito da agricultura sobre o abastecimento de água: exemplos franceses e italianos. In: CONFERÊNCIA SOBRE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE. 1992, Viçosa. [Anais...]/Editado por VILELA, E.F. e SANTOS, L.C. Viçosa, MG: UFV/NEPAMA, 94. p. 1 – 24.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 19<sup>th</sup> Ed. Washington. APHA.1995.
- ANDRADE, G.C. *Efeito do reflorestamento e do desmatamento sobre a hidrologia, erosão e fluxo de nutrientes em microbacias no semi-árido do Rio Grande do Norte*. 1991. s.p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo.
- ANEEL(aneel.gov.br) M.S.D.H.D. Microssistema de Dados Hidrometeorológicos: sub-bacia 57, UF. Espírito Santo. E-mail para CASTRO, C.B. (yec@npd.ufes.br) [mensagem capturada em 23 maio, 2000].
- AZEVEDO, E.C., COSTA, L.M., FONTES, L.E.F et al. Características físicas e químicas do deflúvio de micro-bacias hidrográficas cobertas com mata nativa, pastagem e *Eucalyptus grandis*. Viçosa, MG: Revista Árvore, 1995. v.19. n.4, p. 559 - 571.
- BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. In: CONFERÊNCIA SOBRE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE. 1992, Viçosa. [Anais...]/Editado por VILELA, E.F. e SANTOS, L.C. Viçosa, MG: UFV/NEPAMA, 94. p. 93 – 100.
- BROWN, T.C., BINKLEY, D. Effect of management on water quality in north american forests. In: General Technical Report. Rocky Mountain. USDA Forest Service. USA: United States Department of Agriculture. 1994. 27 p.
- BRUIJNZEEL, L.A. Land use and hydrology in warm humid regions: where do we stand? In: Hydrology of Warm humid Regions. Yokahama Symposium, 1993. Yokahama. 1993. n. 216. p 3-34.
- CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 20, de 18 de junho de 1986. Dispõe sobre..... Presidente: Deni Lineu Schwartz. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, Seção I, n. ..., p. 11355-11361, 30 de julho. 1986.
- DIAS, L. Notas de aula da Disciplina Fertilidade do Solo – SOL 375. Viçosa, MG:UFV. 1995. s/p.
- EBISE, S., INOUE, T., NUMABE, A. Runoff characteristics and observation methods of pesticides and nutrients in rural rivers. In: Water Science technology. Great Britain. 1993. v. 28. n. 3-5. p. 589 – 593.
- EMDE, W. et alli. Sources of nitrogen and phosphorus in the catchment area of Neusiedlesse/Fertö, Austria/Hungary. In: Water Science technology. Great Britain. 1993. v. 28. n. 3-5. p. 101 – 110.
- HATCH, A.B. *Some chemical properties of forest stream water in western Australia*. Western Australia: Forest Department. 1976. 26 p. (Bulletin, 89).
- JEFFREY, W.W. Hydrology of land use In: DONALD M. GRAY. *Handbook on the principles of hydrology: a general text with special emphasis on Canadian conditions*. Canada: Water Information Center, INC. 1973. p. 13.1 – 13.57.

MEISSNER, R.; SEEGER, J.; RUPP, H.; BALLA, H. Measuring and estimating the impact of agricultural land use changes on water quality. In: International Specialized Conference on Water Quality and its Management. New Delhi. 1998. p.3-13.

MIRANDA, J. *Retenção da água e composição química da solução e do defluívo em solos sob diferentes coberturas vegetais*. 1998. 162 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Departamento de Solos, da Universidade Federal de Viçosa.

OLIVEIRA, F.A. Produção e qualidade da água em bacias hidrográficas contendo diferentes coberturas vegetais na região de Agudos, São Paulo. 1989. 82p. Dissertação (Mestrado em Ciências florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo.

PALMIERI, F.; LARACH, J.O.I. Pedologia e geomorfologia. In: Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1996. p. 59-122.

PEKARÓVÁ, P.; PEKÁR, J. The impact of land use on stream water quality in Slovakia. In: Journal of Hydrology. Ansterdam: Elsevier Science Publishers B.V. 1996. n.180. p. 333-350.

PIRES, N.M., OLIVEIRA Jr., R.S., PAES, J.M.V., SILVA, E. Ambiência: Avaliação do impacto ambiental causado pelo uso de herbicidas. Viçosa, MG: SIF/DEF/UFV. 1995. 22 p. (Boletim Técnico SIF, 11).

PIRES-O'BRIEN, M.J.; O'BRIEN, M.C. Ecologia e modelamento de florestas tropicais. Belém, PA: FCAP. 1995. 400p.

PORTO, M.F.A.; BRANCO, S.M.; LUCA, S.J. Caracterização da qualidade da água. In: PORTO, R. la L.(Org.) et al. Hidrologia Ambiental. São Paulo, SP: Ed.USP. 1991. p. 27 – 66.

PRÉVOST, M.; PLAMONDON, A.P.; BELLEAN, P. Effects of drainage of a forested peatland on water quality and quantity. In: Journal of Hydrology. Ansterdam: Elsevier Science Publishers B.V. 1999. n. 214. p. 130-143.

REIS, M.G.F.; BARROS, N.F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: BARROS, N.F. (Org.) Relação solo-eucalipto. Viçosa, MG: Ed.Folha de Viçosa. 1990. p. 265-301.

SPERLING, M. von. Tratamento e destinação de efluentes líquidos da agroindústria. Brasília, DF: ABEAS, 1996, 92p. (Curso por Tutoria a Distância. Curso Gestão de Recursos Hídricos para o Desenvolvimento Sustentável de Projetos Hidroagrícolas. Módulo, 6.2).

SUERTEGARAY, D.M.A. desertificação: recuperação e desenvolvimento sustentável. In: Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1996. p. 249-289.

TOMÉ JÚNIOR, J.B. *Manual para interpretação de análise de solo*. Guaíba: Agropecuária. 1997. 247p.

## ***Impacts of Human Activities on Water Quality Parameters in Rural Highland Watersheds***

### ***ABSTRACTS***

*The objective of the research was to analyze the impacts of human actions, including deforestation, on water resources in small watersheds. A case study developed in the Santa Maria de Jetibá district, located in the mountains of the state of Espírito Santo, Brazil, aimed at assessing the local impacts of human actions on previously forested areas. This case study was performed analyzing and crossing basin information using GIS and water resources monitoring, comparing the pedological, geomorphological, climatic and water quality and quantity characteristics of forested basins that had suffered anthropic action. This allowed observations and conclusions about the consequences of removing native vegetation on the water resources in four watersheds. Water quality assessments showed the worst conditions in farming areas due to soil erosion, fertilization, irrigation and slash-and-burn. It was concluded that the magnitude of the impacts of farming activities on drained water quality depended on soil occupation and levels of use, forms of land management in the watershed, the existence of rural households and small-scale hog farming activities. Streamflows, types of soil and vegetation cover have proved to be important factors influencing water quality. It has been shown that parameters such as Dissolved Oxygen, pH and Temperature depend less than other parameters on anthropic activities in the rural watersheds studied. These parameters were most influenced by soil types and local climatic and topographic conditions. The effective protection of forests was observed using the Water Quality Index since the best results came from basins presenting greater vegetation cover and in a more advanced stage of regeneration. The more anthropised basins presented the lowest indices and more parameters in worse conditions. This confirms the protection provided by forests in mountain regions and the serious impacts of deforestation and human occupation on water resources in small watersheds.*

*Key-words: watersheds; human activities; water quality.*