



Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo¹



Celso S. Gonçalves², Danilo dos S. Rheinheimer², João B. R. Pellegrini² & Sinval L. Kist²

¹ Trabalho Financiado pelo Programa de Monitoramento Ambiental do RS-Rural, CNPq e FAPERGS

² DS/UFSM. CEP: 97105-900, Camobi, Santa Maria, RS. E-mail: celso@mail.ufsm.br (Foto). Fone: (55) 220-8108

Protocolo 206 - 30/12/2003 - Aprovado em 25/2/2005

Resumo: Sem respeitar sua capacidade de suporte aliado à utilização maciça de agroquímicos, o uso agrícola do solo vem comprometendo a qualidade da água superficial. Neste trabalho, teve-se por objetivo monitorar a qualidade da água do dreno principal de uma microbacia hidrográfica (MBH) de cabeceira, situada em área predominantemente produtora de fumo e que utiliza intensamente agroquímicos e manejo convencional. A MBH está localizada no distrito de Nova Boêmia, em Agudo, RS. Coletaram-se amostras para análise em quatro pontos representativos do arroio, nos primeiros oito meses de 2002 e se analisaram, nas amostras de água, parâmetros microbiológicos, físicos e químicos; em um dos pontos avaliou-se a vazão e o transporte de sedimentos durante um evento chuvoso. As maiores concentrações de poluentes ocorreram nas águas coletadas nos pontos de maior influência de lavouras e estabelecimentos rurais. Os meses mais chuvosos coincidiram com as maiores contaminações microbiológicas, principalmente por coliformes fecais, enquanto os resultados mostraram que a água do arroio apresentou concentração de fósforo muito acima do padrão da classe 3 do CONAMA (1986).

Palavras-chave: poluição, agroquímicos, qualidade da água

Water quality in a watershed located in a tobacco producing area

Abstract: The agricultural over use of the soil and excessive application of agrochemicals affect water quality. The present work was carried out to monitor the water quality of the main drain of a watershed cropped predominantly by tobacco, with intense use of agrochemicals and cultivated under conventional tillage. The watershed is located in the district of Nova Boemia in Agudo (Rio Grande do Sul State, Southern Brazil). During first eight months of 2002, samples were collected at four representative points of the stream. Microbiological and physiochemical parameters were analyzed. At are of the prints, the water flow and sediment transport was evaluated during a rain event. The greatest concentration of pollutants occurred in the sample collected at the points of intense farming influence and rural establishments. The most rainy months coincided with the greatest biological contaminations, mainly by fecal coliforms. The results showed that watershed water show phosphorus contents very high compared to standards of class 3 of CONAMA (1986).

Key words: pollution, agrochemicals, water quality

INTRODUÇÃO

A agricultura vem-se tornando grande fonte de poluição difusa das águas superficiais, devido à utilização do solo, sem respeitar sua capacidade de suporte e simplificação da produção, via adoção de pacotes tecnológicos; no entanto, esta atividade não é legalmente responsável pelos malefícios potenciais que provoca aos recursos hídricos (Hatfield, 1993; von Sperling, 2000). Segundo Pionke et al. (2000) as diferentes formas de poluição são responsáveis por 74% do fósforo que

chega aos mananciais aquáticos e as áreas agrícolas contribuem com a maior parte desse poluente (58%).

Ao longo dos anos, sobretudo com o aumento das pequenas propriedades, formadas com a partilha de heranças, vêm aumentando a produção intensiva e a contaminação antrópica do meio (Odum, 1971). Aproximadamente um terço das propriedades do Rio Grande do Sul (RS) mudou sua matriz produtiva, saindo da agricultura de subsistência para a produção de fumo, de forma integrada às empresas fumageiras (Costabeber, 1989).

Hoje, a lavoura fumageira envolve mais de 170 mil produtores no Sul do Brasil, onde mais de 80% das propriedades têm menos de 20 ha (AFUBRA, 2004). No Rio Grande do Sul são aproximadamente 95 mil famílias e, na sua maioria, apresentam alto grau de empobrecimento. As propriedades se localizam em áreas marginais cuja capacidade de uso do solo e dos recursos naturais é facilmente desrespeitada. Geralmente, as regiões de produção de fumo no Rio Grande do Sul estão localizadas em microbacias vertentes ou em solos de origem sedimentar e com baixos teores de argila; as principais interferências desse novo modelo é a destruição de áreas de vegetação permanente e a utilização de grande quantidade de pesticidas e fertilizantes.

A qualidade de água está relacionada ao tipo de uso e envolve a avaliação da suas condições físicas, químicas e biológicas, relacionando-se à sua potencialidade, quanto a causar dano à saúde humana e ao sistema aquático.

As fontes de contaminação dos mananciais aquáticos podem ser pontuais ou difusas: as primeiras são aquelas que podem ser identificadas, tratadas e controladas, como esgoto doméstico e águas residuárias industriais e de animais criados de forma intensiva, enquanto as difusas resultam de um grande número de fontes pontuais individuais, sendo de difícil controle. Segundo Lowrance et al. (1985), as atividades agrícolas, como pulverização de pesticidas e aplicação de fertilizantes, são as principais formas de entrada de contaminantes no meio rural. A contaminação da água é aumentada com a destruição das matas ciliares, com o uso do solo fora da sua condição de melhor aptidão e com o manejo inadequado do solo, entre outros. O revolvimento intensivo do solo diminui drasticamente seus teores de matéria orgânica, atividade microbiológica e estabilidade de agregados (Rheinheimer, 2001 e 2003). A menor agregação do solo aumenta a erosão em entressulcos (Reichert et al., 2001), potencializando o carreamento de poluentes dissolvidos ou ligados aos colóides, até os mananciais aquáticos (Albuquerque et al., 2000).

As florestas ciliares respondem pela redução da deposição de poluentes de fontes não pontuais em rios e lagos, em diversos tipos de microbacias, de vez que controlam o ambiente físico e químico dos rios e promovem os equilíbrios físicos, químicos e biológicos, por meio da ciclagem de materiais, margens de rios e corpos d'água. O processo de contaminação da água em áreas desmatadas é acelerado (Lowrance, 1998), o que tem ocorrido em áreas de produção de fumo, tornando-se rotina para ampliação da área de plantio e utilização da lenha para secagem do produto.

A microbacia hidrográfica (MBH), como unidade de estudo, tem proporcionado a percepção das diferenças nas concentrações e tipos de poluentes nas distintas formas de ocupação e manejo do solo. Leite (1994) estudando a concentração de fósforo, potássio, cálcio e magnésio, em águas fluviais originárias de microbacias com diferentes agroecossistemas, constatou que, em ecossistemas menos ocupados com lavouras, as concentrações de cálcio e magnésio estavam relacionadas à composição química dos solos predominantes; por outro lado, nos ecossistemas intensamente cultivados, a concentração de magnésio, fósforo e potássio

estava relacionada com a sazonalidade da aplicação desses nutrientes, para satisfazer as exigências da cultura. Em monitoramento da qualidade de água da bacia do arroio Itaquarinchin, no município de Santo Ângelo, RS, Santos & Luca (2000) constataram que as amostras de água coletadas nas sub-bacias com influência do meio rural e sistema plantio direto apresentaram altas concentrações de coliformes totais e fosfato na água, enquanto na sub-bacia com influência urbana os principais contaminantes foram o fosfato, os coliformes fecais e o chumbo.

O presente trabalho visa: (a) caracterizar os recursos hídricos de uma bacia hidrográfica vertente e (b) monitorar a qualidade da água de seu dreno principal ao longo do tempo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na microbacia hidrográfica do Arroio Lino, localizada no distrito de Nova Boêmia, município de Agudo, RS. O relevo da MBH é bastante acidentado, com a maioria das lavouras localizadas em áreas altamente susceptíveis à erosão. Os solos são classificados como Neossolos e associação Chernossolo-Neossolos (EMBRAPA, 1999), sendo que ambos, quando erodidos, perdem facilmente sua camada superficial, tornando-se impróprios para agricultura (Pedron et al., 2000). A vegetação do local está muito degradada, inclusive com alta destruição das matas ciliares. Os ambientes florestais são constituídos por matas secundárias, indicando que esses locais foram, outrora, cultivados com culturas anuais. A MBH possui uma área de 525 ha (Serviço Geográfico do Exército, escala 1/50.000 - Figura 1) com 46 unidades de produção familiar, área média em torno de 10 ha e predominância

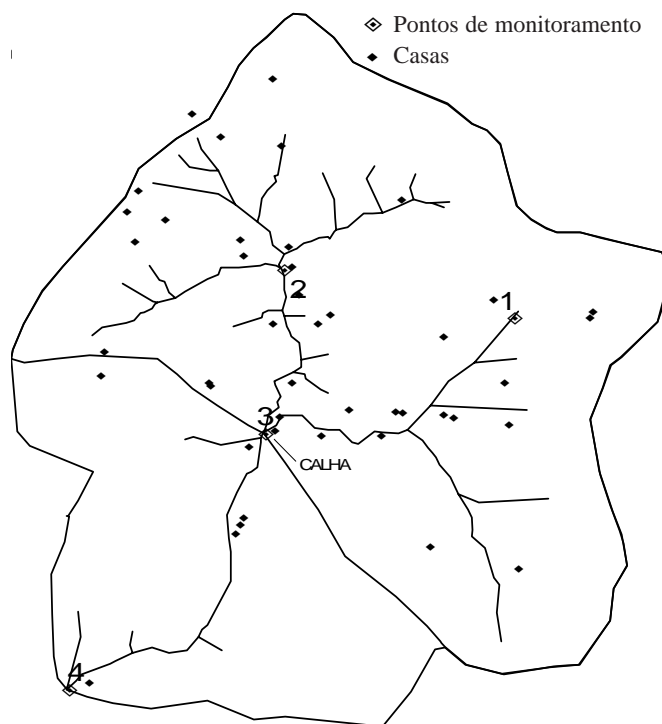


Figura 1. Rede de drenagem da microbacia hidrográfica do Arroio Lino, Nova Boêmia, Agudo, RS, com georreferenciamento das moradias e pontos de coleta de amostras de água

de produção de fumo (*Nicotiana tabacum L.*) variedade virgínia, de forma integrada. O cultivo do fumo é realizado de modo convencional (lavração e gradagem), sem práticas conservacionistas e com usos intensivos de pesticidas e fertilizantes.

Mensalmente, coletaram-se amostras de água durante oito meses (janeiro a agosto de 2002) em quatro pontos representativos da rede de drenagem da MBH. Os pontos monitorados e os principais focos de poluição pontual foram georreferenciados e descritos quanto à vegetação e localização na paisagem, uso do solo, proximidade de construções sanitárias humanas, de criação de animais e de estradas. O ponto 1 de coleta de amostra está localizado na vertente do arroio secundário, com pouca influência antropogênica; o ponto 2 refere-se à parte mediana do arroio principal, logo abaixo da junção de duas vertentes, enquanto o ponto 3 é o local de junção de dois arroios, que formam o arroio principal. Neste ponto não há mais mata ciliar em, pelo menos, uma extensão de 500 m. O ponto 4 está localizado a aproximadamente 1,5 km abaixo do ponto 3, e entre os pontos 3 e 4, as águas do arroio escoam em um leito declivoso e com proteção de mata ciliar madura.

As coletas iniciaram no mês de janeiro (12/1/2002) caracterizando o período final da colheita do fumo. Seguiram-se as coletas nos meses de fevereiro (14/2/2002), março (12/3/2002), abril (24/4/2002) e maio (20/5/2002), caracterizado pelo ciclo do milho cultivado após a colheita do fumo ou da permanência do solo descoberto. Durante as coletas feitas em junho (23/6/2002) e julho (13/7/2002), o solo estava coberto pelas plantas de cobertura ou em pousio. No final de julho e início de agosto, iniciou-se o preparo do solo para o cultivo convencional do fumo. Logo após a realização do transplante do fumo na maioria das propriedades (24/8/2002), fez-se a última coleta de amostras de água.

No ponto de coleta 3 foi instalada uma calha de drenagem do tipo Parshall, a fim de se avaliar a vazão e o transporte de sedimentos no dreno principal; nesta seção exutória foram instalados duas régua linimétricas e um linígrafo de pressão para medição da altura de lâmina d'água; também, instalaram-se uma estação meteorológica e quatro pluviômetros. Em um evento de chuva foram coletadas amostras com amostrador DH-48 calibrado para análise de concentração de sedimentos.

Para a realização das análises microbiológicas, as amostras de água foram coletadas em frascos de vidro "snap cap", com capacidade para 100 mL, previamente lavado com solução de limpeza de ácido clorídrico a 0,1 M e esterilizados em autoclave, durante 20 min, a 1 atmosfera e a 121 °C. Para determinações físicas e químicas, as amostras de água foram coletadas em frascos de plástico de 300 mL, previamente lavados com solução de limpeza de ácido clorídrico a 0,1 M. No local de coleta os frascos foram abertos e submergidos a 15–20 cm de profundidade, até atingirem 3/4 de sua capacidade de armazenamento, posteriormente tampados e acondicionados em caixa térmica com gelo.

As análises microbiológicas constituíram-se da determinação do número mais provável (NMP) de coliformes totais e de coliformes fecais; para tal, utilizou-se caldo Fluorocult LMX (MERCK, pH 6,8 a 25 °C). Adicionaram-se 5 mL do meio

de cultura em tubos de ensaio, com tampa rosca e esterilizando-os em autoclave, sob pressão de uma atmosfera e 121 °C, por 20 min. Na câmara de fluxo laminar, efetuaram-se as diluições (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} e 10^{-4}) com auxílio de pipeta automática. As amostras foram incubadas por 24 h, sob temperatura de 35–37 °C. A presença de coliformes totais foi indicada pelo aparecimento da cor verde azulada e de coliformes fecais (*Escherichia coli*) pela fluorescência azul, quando expostos à luz ultravioleta. Em função do número de tubos positivos e da respectiva diluição estimou-se, por tabela estatística, o número mais provável de coliformes totais e fecais.

As análises físicas e químicas se compuseram da determinação do pH, condutividade elétrica, nitrato, amônia, fósforo, cobre, zinco, cálcio, magnésio, potássio e sólidos solúveis totais. O pH e a condutividade elétrica foram medidos imediatamente após a chegada das amostras ao laboratório, utilizando-se o pHmetro Digimed DM21 e o condutivímetro Digimed DM31. Determinaram-se as concentrações de nitrato e N amoniacal [amônia (NH_3) + amônio (NH_4^+)] por destilação em microkjeldahl e o fósforo inorgânico pelo método de Murphy & Riley (1962).

Para a análise das concentrações totais dos elementos químicos, uma alíquota de 45 mL de água foi digerida com 4 mL de ácido sulfúrico concentrado em tubos de digestão, aquecidos até 120 °C, durante 4 h. Determinaram-se as concentrações de cálcio, magnésio, zinco e cobre, por espectrofotometria de absorção atômica; potássio por espectrofotometria de emissão de chama e fósforo total por espectrofotometria.

A quantidade de sólidos solúveis totais foi determinada por diferença de peso de um volume de amostra coletada no campo e após secagem a 80 °C, por 72 h em estufa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da rede de drenagem

A principal rede de drenagem da MBH do Arroio Lino se caracteriza por um canal estreito, com formação de corredeiras e cachoeiras, caracterizando uma região de produção no gradiente de distribuição de um rio, cujas águas são lançadas em corpos d'água de ordem superior sendo, por isso, denominada MBH vertente ou de cabeceira (Schwarzbold, 2000).

A paisagem da MBH se caracteriza pela alta declividade e destruição da mata nativa. A alta declividade torna o ambiente limitante para práticas agrícolas. A retirada da mata nativa e dos capoeirões, para obtenção de lenha, é observada em todas as propriedades; não é preservada nem mesmo a mata ciliar que, segundo Odum (1971), é a principal responsável pela infiltração da água no solo e diminuição do escoamento superficial; ela auxilia a biociclagem de elementos químicos e substâncias orgânicas nas margens dos corpos d'água, o que garante uma contaminação menor dos poluentes não pontuais. Sem esta proteção permanente da superfície do solo as taxas de infiltração de água são extremamente diminuídas (Lins et al., 2001) e se aceleram os processos erosivos, com reflexos negativos quantitativos e qualitativos, nos fluxos hídricos, dentro da MBH.

Em algumas áreas o índice de pedregosidade ultrapassa os 70% da superfície do solo. A alta pedregosidade está associada a áreas com alta declividade e, portanto, foram e estão submetidas a altas taxas de erosão, tornando os solos, em sua maioria, marginais para cultivos anuais (Rheinheimer, 2001 e 2003); este fato é preocupante, do ponto de vista de uso do solo desse ambiente, para a produção de culturas anuais, já que referidos solos não são recomendados para cultivos intensivos, porém, na região, além de serem imprópriamente usados, seu manejo tem sido realizado de forma convencional, com lavração e gradagem.

A MBH possui abundância de fontes de água superficial (Figura 1), que formam uma rede de abastecimento do arroio, inclusive com formação de banhados, até no topo dos morros; cada arroio é abastecido por inúmeras vertentes. A maior parte da rede drena áreas cultivadas com fumo e recebe vários tipos de dejetos oriundos das atividades humanas, como pesticidas, agroquímicos em geral, esgoto não tratado das residências e instalações de criação de animais e outros.

Como exemplo da dinâmica da água na MBH, a Figura 2 mostra o comportamento da vazão do arroio e o transporte de sedimento em um evento pluviométrico. Pequenas precipitações provocam aumento brusco na vazão do arroio. A máxima vazão observada no período de monitoramento foi de 464 L s^{-1} , correspondendo a uma coluna de água de 0,24 m, o que proporcionou transporte de sedimentos da ordem de $3,99 \text{ kg s}^{-1}$. As quantidades perdidas de solo foram altas, aproximadamente 5,6 toneladas, durante as duas horas e dez minutos de coleta. Atribui-se essas grandes perdas à declividade da área, ao desmatamento intenso, ao cultivo convencional do solo e à destruição da mata ciliar. Esses fatores diminuem as taxas de infiltração da água das chuvas e, conseqüentemente, aumentam o escoamento superficial.

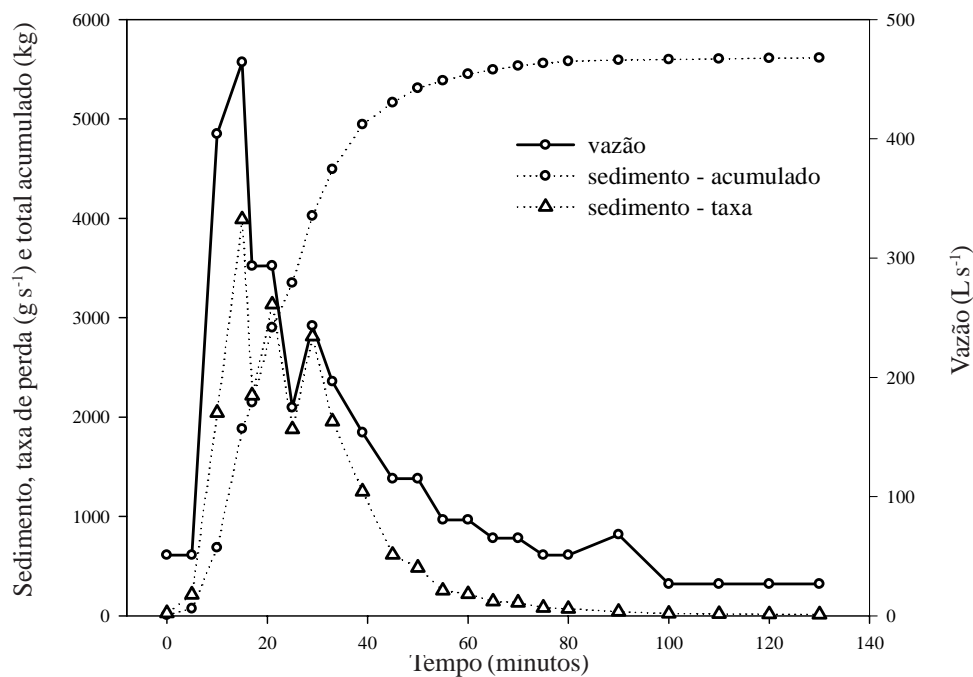


Figura 2. Relação entre a perda de sedimento e a vazão do Arroio Lino, Nova Boêmia, Agudo, RS (precipitação de 28 mm h^{-1} durante 30 min)

Análises microbiológicas

A água do Arroio Lino sempre esteve contaminada com coliformes totais e, com exceção de duas amostras, também com coliformes fecais (Tabela 1); no entanto, somente nos meses de junho e julho no ponto 3, e em agosto no ponto 2, para coliformes totais, e nos pontos 2 e 3 no mês de agosto, para coliformes fecais, ultrapassaram o limite da classe 1 (CONAMA, 1986); neste caso, a água não apresenta qualidade para ser usada em irrigação de hortaliças nem de plantas frutíferas, que se desenvolvem rente ao solo e que sejam consumidas cruas. O manejo inadequado do ambiente e a grande quantidade de poluentes gerados na MBH propiciam grandes concentrações de poluentes nos mananciais aquáticos, em particular nos meses em que a precipitação é mais intensa (Figura 3).

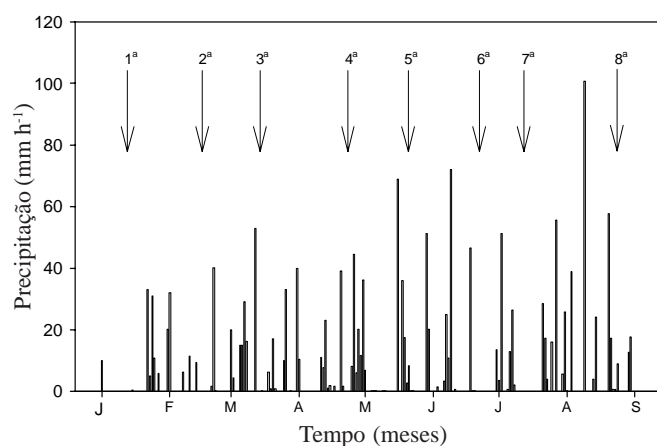


Figura 3. Precipitação ocorrida no período de coleta das amostras de água na microbacia hidrográfica do Arroio Lino, Nova Boêmia, Agudo

Tabela 1. Densidade de coliformes totais e coliformes fecais (*E. coli*) da água do Arroio Lino, Nova Boêmia, Agudo, RS

Parâmetro	Padrão CONAMA (1986)	Local ^{***}	12/1	14/2	12/3	24/4	20/5	23/6	13/7	24/8/2002	Média
Coliformes	1000 ^{**}	1	40	150	94	70	88	23	780	453	212
Totais		2	94	353	268	133	119	327	16	1690	375
(NMP 100 mL ⁻¹)		3	88	119	268	302	669	2305	1275	780	713
		4	34	40	133	268	268	327	49	492	201
		Média	64	165	191	168	286	745	530	854	
Coliformes	0 [*]	1	0	2	2	2	8	5	16	78	14
Fecais	200 ^{**}	2	3	18	11	64	11	7	10	692	102
(NMP 100 mL ⁻¹)		3	19	11	33	22	33	2	0	488	76
		4	3	1	81	22	22	10	2	107	31
		Média	6	8	32	27	19	6	7	341	

* Classe 1: limite para uso para irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas que se desenvolvem rente ao solo e sejam consumidas cruas; ** Classe 1: limite para outros usos (CONAMA, 1986); *** Local 1: Vertente do arroio secundário; Local 2: Parte mediana do arroio principal; Local 3: Junção dos arroios que formam o arroio principal; Local 4: 1,5 km do ponto 3 cruzando pela mata

A água coletada no ponto 1 (início do arroio secundário) e no ponto 4 ($\pm 1,5$ km abaixo da calha de drenagem) apresentou menores valores de contaminação com coliformes totais (212 e 201 NMP 100 mL⁻¹, respectivamente) e coliformes fecais (14 e 31 NMP 100 mL⁻¹, respectivamente) que a água coletada no ponto 2 (mediana do arroio principal) e no ponto 3 (junção dos dois arroios secundários – calha Parshall) (375 e $7,1 \times 10^5$ NMP 100 mL⁻¹ de coliformes totais e 102 e 76 NMP 100 mL⁻¹ de coliformes fecais, respectivamente) (Tabela 1).

A baixa concentração de colônias de coliformes totais e fecais no ponto 1, é assegurada pelo baixo número de moradias ou instalações de criação de animais nas suas proximidades e pela presença de cobertura vegetal permanente (capoeira) na sua nascente. A presença de contaminantes biológicos, mesmo que em baixas concentrações no ponto 1, deve-se ao escoamento superficial proporcionado pela estrada secundária, localizada imediatamente acima do ponto de coleta, e pela presença de animais silvestres, de acordo com Von Sperling (2000), o qual afirma que a contaminação biológica dos ambientes aquáticos é provocada principalmente por lançamento de águas residuárias domésticas em corpos d'água receptores.

A menor contaminação biológica das amostras de água coletadas no ponto 4 se deve, provavelmente, ao fato de que entre os pontos 3 e 4 o arroio escoava sobre leito muito inclinado, inclusive com a presença de pequenas cachoeiras, e por dentro de uma mata nativa madura, com declividade do terreno que não permite a presença de residências por uma extensão de aproximadamente 1 km. A mata nativa pode atuar como filtro para o restabelecimento do equilíbrio biológico e melhorar a qualidade da água (Lowrance et al., 1985).

A alta contaminação biológica da água coletada nos pontos 2 e 3 deve principalmente à sua proximidade de locais com maior número de moradias, algumas das quais não apresentam fossa séptica e possuem criação de suínos, de modo convencional, sendo visível o caminho dos dejetos até o arroio, enquanto no ponto 3 se visualizou muito lixo (plásticos, latas, embalagens de pesticidas etc). Além dos contaminantes pontuais das propriedades, o arroio nesses dois pontos recebe, diretamente, contaminantes de outras propriedades vizinhas. Há muitas lavouras de fumo conduzidas de modo convencional, originando o arraste de todo tipo de material para o curso d'água, durante a ocorrência de chuvas.

A menor contaminação com coliformes totais foi notada no mês de janeiro (64 NMP 100 mL⁻¹) devido, provavelmente, à ausência de precipitação nos onze dias que antecederam a coleta (Figura 3). A manutenção da vazão do arroio era mantida pela água subsuperficial, diminuindo a população de bactérias. Em fevereiro, março e abril ocorreu pequeno aumento no número de colônias (165, 191 e 168 NMP 100 mL⁻¹, respectivamente); em maio, a contaminação subiu para 268 NMP 100 mL⁻¹ e nos meses de inverno (junho, julho e agosto) observou-se grande incremento no número de colônias de coliformes totais (745, 530 e 854 NMP 100 mL⁻¹, respectivamente), em relação aos meses anteriores (Tabela 1); esta maior contaminação está relacionada à ocorrência de chuvas antes da coleta, inclusive com alta precipitação nos dias da coleta dos meses de junho e agosto (Figura 3).

A menor contaminação de coliformes fecais (Tabela 1) comparativamente com os coliformes totais, se deve ao fato daqueles serem exclusivamente originários de animais de sangue quente, enquanto esses incluem bactérias que habitam o solo, água e as plantas. A presença de coliformes fecais, embora em baixas concentrações, torna não recomendável o uso da água do arroio para irrigação de plantas consumidas cruas. A água dos pontos 2 e 3 coletada no mês de agosto, não está em condições de uso para outros fins estabelecidos para a classe 1 do CONAMA (1986), em virtude da alta contaminação com coliformes fecais.

A variabilidade nos valores de contaminantes microbiológicos entre os pontos de coleta e épocas do ano, é comum nos trabalhos de monitoramento da qualidade da água em MBH; como exemplo, Crabill et al. (1999) constataram que as concentrações de coliformes fecais podem variar com o revolvimento do sedimento do rio, com alterações no terreno e na vazão.

Análises físicas e químicas

As concentrações de fósforo total da água do arroio se mantiveram sempre altas, acima do padrão da classe 3 (CONAMA, 1986) (Tabela 2). Em águas naturais, que não foram submetidas a processos de poluição, a quantidade de fósforo total varia de 0,005 a 0,020 mg L⁻¹ (EMBRAPA, 2002), enquanto nas amostras de água do Arroio Lino a concentração média foi de 0,17 mg L⁻¹, caracterizando um ambiente aquático como contaminado e sujeito a processos de eutroficação (von Sperling, 2000; Tundisi, 2003).

Tabela 2. Concentrações de fósforo total, fósforo solúvel, N amoniacal, nitrato, cobre e zinco, na água do Arroio Lino, Nova Boêmia, Agudo, RS

Parâmetro	Padrão CONAMA (1986)	Local**	12/1	14/2	12/3	24/4	20/5	23/6	13/7	24/8/2002	Média
Fósforo Total (mg L ⁻¹)	0,025*	1	0,06	0,09	0,15	0,07	0,20	0,20	0,21	0,24	0,15
		2	0,13	0,12	0,20	0,12	0,20	0,31	0,22	0,34	0,21
		3	0,14	0,13	0,22	0,11	0,20	0,23	0,20	0,14	0,17
		4	0,11	0,12	0,11	0,09	0,19	0,21	0,23	0,11	0,15
		Média	0,11	0,12	0,17	0,10	0,20	0,24	0,22	0,21	
Fósforo Solúvel (mg L ⁻¹)		1	0,03	0,03	0,13	0,07	0,13	0,04	0,05	0,09	0,07
		2	0,08	0,07	0,16	0,12	0,15	0,13	0,07	0,11	0,11
		3	0,08	0,06	0,18	0,10	0,15	0,07	0,06	0,06	0,10
		4	0,07	0,04	0,09	0,08	0,14	0,06	0,15	0,05	0,08
		Média	0,06	0,05	0,14	0,09	0,14	0,07	0,09	0,08	
N amoniacal (mg L ⁻¹)	1	1	0,73	1,33	0,48	1,33	0,00	1,06	0,28	0,84	0,76
		2	0,46	1,20	0,33	1,06	0,35	1,06	0,35	0,70	0,69
		3	0,60	0,93	0,46	1,33	0,21	0,93	0,42	0,70	0,70
		4	0,33	1,33	0,33	1,20	0,00	1,20	3,70	0,35	1,05
		Média	0,53	1,20	0,40	1,23	0,14	1,06	1,19	0,65	
Nitrato (mg L ⁻¹)	10	1	0,20	1,19	0,73	0,48	0,70	1,46	0,63	0,84	0,78
		2	0,60	1,19	0,46	0,60	0,49	0,40	1,05	1,54	0,79
		3	0,33	1,59	0,07	0,73	1,12	1,20	0,70	2,23	1,00
		4	0,60	1,32	0,20	1,26	1,19	2,13	10,5	2,37	1,27
		Média	0,43	1,33	0,37	0,77	0,87	1,30	0,86	1,75	
Cobre (mg L ⁻¹)	0,02*	1	0,00	0,00	0,25	0,16	0,73	0,00	0,10	0,00	0,16
		2	0,00	0,00	0,35	0,20	0,71	0,00	0,07	0,00	0,17
		3	0,00	0,00	0,64	0,25	0,70	0,00	0,37	0,00	0,25
		4	0,00	0,00	0,65	0,33	0,75	0,00	1,07	0,00	0,35
		Média	0,00	0,00	0,47	0,24	0,72	0,00	0,40	0,00	
Zinco (mg L ⁻¹)	0,18*	1	0,00	0,01	0,07	0,01	0,03	0,03	0,07	0,03	0,03
		2	0,00	0,14	0,09	0,03	0,06	0,02	0,00	0,05	0,06
		3	0,00	0,14	0,06	0,02	0,10	0,02	0,00	0,04	0,05
		4	0,00	0,15	0,06	0,00	0,04	0,00	0,01	0,04	0,04
		Média	0,00	0,11	0,07	0,02	0,06	0,02	0,02	0,02	0,04

* Classes 1 e 2: Limites segundo CONAMA (1986); ** Local 1: Vertente do arroio secundário; Local 2: Parte mediana do arroio principal; Local 3: Junção dos arroios que formam o arroio principal; Local 4: 1,5 km do ponto 3, cruzando pela mata

Embora sejam encontradas altas concentrações de fósforo na água, não se tem observado o desenvolvimento de algas no arroio, o que é proporcionado pela forte declividade do leito do curso d'água, mas nos locais em que a velocidade da água diminui ou proporciona formação de condições lênticas, há sinais de eutroficação do meio aquático.

As amostras de água coletadas nos pontos 1 e 4, semelhante ao observado para os parâmetros microbiológicos, apresentaram menores concentrações de fósforo total (0,15 e 0,15 mg L⁻¹) e solúvel (0,07 e 0,08 mg L⁻¹, respectivamente) que a água dos pontos 2 e 3 (0,21 e 0,17 mg L⁻¹, respectivamente, para fósforo total e 0,11 e 0,10 mg L⁻¹, respectivamente, para fósforo solúvel) (Tabela 2). As maiores concentrações de fósforo total foram constatadas nas amostras coletadas nos meses de inverno (maio, junho, julho e agosto). A concentração média de fósforo nesses meses foi de 0,22 mg L⁻¹, superior à média de 0,12 mg L⁻¹, obtida no período janeiro-abril.

A variação mensal nas concentrações de fósforo solúvel foi menos pronunciada e sem relação com a quantidade de chuva nos dias que antecederam as coletas, apenas com destaque para as amostras dos meses de março e maio, cujas concentrações foram de 0,14 mg L⁻¹, mais que o dobro daquelas observadas nos demais meses.

As altas concentrações de fósforo encontradas na água do arroio estão condizentes com a alta disponibilidade desse elemento no solo. Em dois levantamentos da caracterização física, química e biológica dos solos da MBH, Rheinheimer (2001, 2003) constatou que mais de 90% das glebas monitoradas apresentaram teores de fósforo muito altos, com valores variando de 30 a 70 mg dm⁻³, representando duas a cinco vezes o nível de suficiência desse elemento para as culturas comerciais (CQFS-RS/SC, 2004) indicando que se poderia diminuir drasticamente a adubação fosfatada para a cultura do fumo e não haveria necessidade desse fertilizante para culturas como o milho e o feijão, por um período de pelo menos três cultivos.

Na integração com as empresas fumageiras recomenda-se a aplicação de elevadas doses de nitrogênio, fósforo e potássio, na cultura do fumo, a fim de garantir boa produtividade e alta qualidade industrial do tabaco, sem se preocupar com a manutenção da qualidade do solo nem do ambiente.

As concentrações de N amoniacal, média para os oito meses de coleta, foram de 0,76, 0,69, 0,70 e 1,05 mg L⁻¹ para os pontos 1, 2, 3 e 4, respectivamente (Tabela 2). O N amoniacal engloba o íon amônio, que pode estar livre ou adsorvido aos colóides contidos na água e, em menor escala, a amônia, que é um gás de ocorrência natural nos corpos d'água (Amorim & Ferreira, 1999); ambos são originários da degradação de compostos orgânicos ou de fertilizantes, como a uréia. As concentrações de N amoniacal nas amostras coletadas nos meses de fevereiro, abril, maio e julho ficaram acima do padrão da classe 3 (CONAMA, 1986).

As concentrações de nitrato na água do arroio sempre se mantiveram abaixo do limite estabelecido para águas de classe 1, pela Resolução nº 20 do CONAMA (1986) (10 mg L⁻¹). As concentrações médias para os oito meses de coleta foram de 0,78, 0,79, 1,00 e 1,27 mg L⁻¹, para os pontos 1, 2, 3 e 4, respectivamente (Tabela 2) porém concentrações acima de 0,2 mg L⁻¹ de nitrato (EMBRAPA, 2002) podem favorecer a proliferação de plantas aquáticas e, se a água for represada,

poderá afetar o nível de oxigênio dissolvido, a temperatura e a passagem de luz, com reflexos negativos na vida aquática.

As concentrações de cobre nas amostras de água coletadas nos meses de março, abril, maio e julho, aumentaram da cabeceira até a foz do arroio (Tabela 2). Essas concentrações estiveram acima dos padrões de qualidade para as classes 1 e 2, enquanto os valores de zinco se mantiveram na faixa estabelecida para água de classe 1 (CONAMA, 1986). Ressalta-se que os valores estabelecidos pelo CONAMA (1986) se referem aos elementos livres e, neste trabalho, os resultados são relativos aos teores totais. Como há presença de carbono orgânico solúvel na água e de argilominerais em suspensão, a maior parte desses metais pode estar adsorvida ou complexada (Stumm & Morgan, 1996), mantendo baixas as concentrações biodisponíveis.

A água do arroio apresentou elevadas concentrações de cálcio, magnésio e potássio, aumentando da nascente até a foz (Tabela 3). As concentrações de cálcio aumentaram de 2,7 mg L⁻¹ no ponto 1, para 3,4, 4,5 e 4,9 mg L⁻¹ nos pontos 2, 3 e 4, respectivamente; os de magnésio de 1,4 mg L⁻¹ para 2,1, 2,4 e 2,6 mg L⁻¹ e os de potássio de 2,4 mg L⁻¹ para 2,2, 2,9 e 3,3 mg L⁻¹ (Tabela 3); fato este de acordo com o aumento da área de captação de água do arroio, com as elevadas taxas de erosão e elevadas disponibilidades desses nutrientes no solo. As variações mensais observadas nas concentrações de cálcio,

Tabela 3: Teores de cálcio, magnésio, potássio, sólidos solúveis totais, condutividade elétrica e pH da água do Arroio Lino, Nova Boêmia, Agudo, RS

Parâmetro	Padrão CONAMA (1986)	Local**	12/1	14/2	1203	24/4	20/5	23/6	13/7	24/8/2002	Média
Cálcio (mg L ⁻¹)	-	1	1,85	3,7	2,9	2,7	3,2	1,8	2,5	3,1	2,7
		2	2,72	2,3	4,5	4,2	3,3	2,5	4,0	3,6	3,4
		3	2,72	2,3	4,5	4,2	3,3	2,5	4,0	4,7	4,5
		4	3,11	5,4	5,7	6,0	4,8	4,7	4,3	5,1	4,9
		Média	2,60	4,4	4,8	4,6	3,9	3,4	3,5	4,1	
Magnésio (mg L ⁻¹)	-	1	1,8	2,1	0,9	1,5	1,5	0,9	0,9	0,8	1,4
		2	2,9	3,2	1,5	2,2	1,7	1,5	1,6	0,9	2,1
		3	3,0	3,4	1,9	2,8	2,3	1,8	1,2	1,3	2,4
		4	3,1	3,6	1,9	3,1	2,5	2,0	1,7	1,3	2,5
		Média	2,7	3,1	1,6	2,4	2,0	1,6	1,3	1,1	
Potássio (mg L ⁻¹)	-	1	2,4	2,2	2,6	2,4	3,1	2,0	3,3	1,1	2,4
		2	2,4	2,2	2,9	2,4	2,4	2,0	2,8	0,7	2,2
		3	2,9	2,4	3,3	2,2	3,5	1,7	6,3	0,7	2,9
		4	2,4	2,2	3,9	2,2	2,6	1,5	12,1	0,4	3,3
		Média	2,5	2,3	2,9	2,3	2,9	1,8	6,1	0,7	
Sólidos Solúveis Totais (mg L ⁻¹)	500*	1	108	536	153	444	45	180	48	437	244
		2	128	374	378	548	588	727	293	350	426
		3	315	610	322	401	725	344	134	628	435
		4	310	500	506	234	12979	143	124	265	1883
		Média	215	505	340	407	3584	349	150	420	
Condutivi- dade Elétrica (µS cm ⁻¹)	-	1	49	51	51	50	50	46	46	55	50
		2	72	82	77	73	52	53	65	59	67
		3	84	90	99	96	73	70	52	74	80
		4	62	90	101	101	73	74	69	77	81
		Média	67	78	82	80	62	61	58	66	
pH	6,0 a 9,0	1	7,0	6,4	6,2	6,8	7,1	7,0	6,8	7,1	6,8
		2	7,2	6,8	6,5	7,2	7,2	7,2	7,2	7,4	7,1
		3	7,2	7,2	6,7	7,2	7,2	7,3	7,7	7,4	7,2
		4	7,3	7,2	6,8	7,2	7,3	7,4	7,7	7,5	7,3

* Classe 1: Limites segundo CONAMA (1986); ** Local 1: Vertente do arroio secundário; Local 2: Parte mediana do arroio principal; Local 3: Junção dos arroios que formam o arroio principal; Local 4: 1,5 km do ponto 3, cruzando pela mata

magnésio e potássio estão relacionadas às precipitações que ocorreram nos dias que antecederam as coletas. Nos levantamentos do estado de fertilidade do solo da referida MBH, Rheinheimer (2001 e 2003), constataram que os teores de cálcio, magnésio e potássio estão, muitas vezes, acima do nível crítico, inclusive não havendo necessidade de adição de dois primeiros, pelo menos nos próximos 15 anos. O caso do potássio é mais grave, uma vez que, independente da disponibilidade no solo, o pacote tecnológico da cultura do fumo obriga a utilização de altas dosagens desse nutriente no momento do preparo do camalhão e em cobertura.

Em algumas coletas (29%) as quantidades de sólido solúvel total na água do arroio, ultrapassaram o limite estabelecido pelo CONAMA (1986) (500 mg L^{-1}) (Tabela 3) para a classe 3. Os altos valores encontrados podem estar associados à condição de paisagem declivosa e desmatada da MBH e ao sistema de manejo inadequado do solo. Os valores aumentam do ponto 1 ao 3 (244, 426, e 435 mg L^{-1} , respectivamente). Os valores de pH da água do arroio se mantiveram próximos da neutralidade e dentro do limite de água de classe 1 (6,0 a 9,0) (Tabela 3).

As águas doces, segundo CONAMA (1986), são classificadas em cinco classes: classe especial e classes 1, 2, 3 e 4, de acordo com sua qualidade e condições de utilização. A água do Arroio Lino está na condição classe 3, em razão das altas concentrações de fósforo encontradas, o que proporciona o uso da água do arroio para o abastecimento, após ser submetida a tratamento convencional, à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras e dessedentação de animais; no entanto, a água está inadequada à proteção de comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e à criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana.

CONCLUSÕES

1. A água do arroio da microbacia estudada apresentou concentração de fósforo acima do padrão da classe 3 (CONAMA, 1986).

2. A presença constante de altas concentrações de nutrientes (Ca, Mg, K e P) na água é condizente com a alta disponibilidade desses nutrientes e manejo inadequado solo.

3. A presença de coliformes fecais na água é decorrente principalmente das fontes de poluição pontual e torna a água inadequada para recreação de contato primário e para irrigação de hortaliças e plantas frutíferas que sejam consumidas cruas.

4. Precipitações de baixa intensidade causam aumentos bruscos na vazão do arroio e ocasionam grandes perdas de sedimentos.

5. Os usos do solo fora da capacidade de aptidão, o manejo inadequado do solo, o uso indiscriminado de fertilizantes e pesticida e a falta de saneamento nas moradias estão comprometendo a qualidade da água do arroio Lino, em Agudo, RS

LITERATURA CITADA

- AFUBRA. Associação dos Fumicultores do Brasil. Distribuição fundiária dos fumicultores no sul do Brasil. <http://www.Afubra.com.br>. 7 set. 2004.
- Albuquerque, J.A.; Cassol, E.A.; Reinert, D.J. Relação entre a erodibilidade em entressulcos e estabilidade de agregados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.24, n.1, p.141-151, 2000.
- Amorim, D.S.; Ferreira, M.E. Um estudo sobre a qualidade das águas do rio Paraíba do Sul, no vale do Paraíba, no período de 1978 a 1994. In: *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 13, 1999, Belo Horizonte. Resumos ... Belo Horizonte: ABRH, 1999. CD Rom.
- CONAMA; Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução no 20, de 18 de junho de 1986. Brasília, 1986. 92p.
- Costabeber, J.A. Eficiência energética e processos de produção em pequenas propriedades rurais - Agudo, RS. Santa Maria: UFSM, 1989. 295p. Dissertação Mestrado
- CQFS-RS/SC; Comissão de Química e Fertilidade do Solo do RS e SC. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul, 2004. 394p.
- Crabill, C.; Ravin, D.; Snelling, J.; Foust, R.; Southan, G. The impact of sediment fecal coliform reservoirs on seasonal water quality in Oak Creek. *Water Research*, London, v.33, n.9, p.2163-2171, 1999.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999. 412p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Indicadores da qualidade da água. <http://www.embrapa.com.br>. 28 out. 2002.
- Hatfield. J.L. Sustainable agriculture: impacts on nonpoint pollution. *Water Science Technology*, Oxford, v.28, n.3-5, p.415-424, 1993.
- Leite, J.O. Variação das concentrações de P, K, Ca e Mg nas águas fluviais do agroecossistema cacauzeiro Almada, Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.18, p.483-490, 1994.
- Lins, M.; Bramorski, J.; Pinheiro, A.; Breuckmann, H. Influência da cobertura do solo e do comprimento da vertente no transporte de sedimentos. In: Paiva, E.M.C.D.; Paiva, J.B.D. (eds.). Caracterização quali-quantitativa da produção de sedimentos. Santa Maria: ABRH, 2001. cap.1, p.11-23.
- Lowrance, R. The riparian ecosystem management model: simulator for ecological processes in riparian zones. In: *Proceedings of the First Federal Interagency Hydrologic Modeling Conference*, Las Vegas, 1998. 30p.
- Lowrance, R.; Leonard, R.; Sheridan, J. Managing riparian ecosystems to control no point pollution. *Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny, v.40, n.1, p.87-91, 1985.
- Murphy, J.; Riley, J.P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, Oxford, v.27, p.31-36, 1962.
- Odum, E.P. *Fundamentals of ecology*. 3 ed. Philadelphia: W. B. Saunders, 1971. 474p.

- Pedron, F.A.; Rubert, C.; Machado, R.; Azevedo, A.C.; Zago, A. Caracterização da paisagem em uma microbacia na depressão central do RS, através do SIG, para fins de monitoramento ambiental. In: Reunião Brasileira de Uso, Manejo e Conservação do Solo e da Água, 14, 2000, Cuiabá. Resumos ... Cuiabá: SBCS, 2002. CD Rom.
- Pionke, H.B.; Gburek, W.J.; Sharpley A.N. Critical source area controls on water quality in an agricultural watershed located in the Chesapeake basin. *Ecological Engineering*, Columbus, v.14, p.325-335, 2000.
- Reichert, J.M.; Woheleberg, E.V.; Silveira M.J.; Gonçalves, C.S. Erosão em entressulcos sob distintas intensidades de chuva, declividade do solo e horizonte do solo. In: Paiva, E.M.C.D.; Paiva, J.B.D. (eds.). Caracterização qualitativa da produção de sedimentos. Santa Maria: ABRH, 2001. cap.5, p.81-97.
- Rheinheimer, D.S. Caracterização física, química e biológica dos solos na microbacia hidrográfica do Arroio Lino, Nova Boemia: Agudo, 2001. 115p.
- Rheinheimer, D.S. Caracterização física, química e biológica dos solos na microbacia hidrográfica do Arroio Lino, Nova Boemia: Agudo, Ano II. 2003. 115p.
- Santos, S.Z.; Luca, S.J. Bacia urbana rural com plantio direto e qualidade dos recursos hídricos. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 27, 2000, Porto Alegre. Resumos ... Porto Alegre: ABRH, 2000. CD Roms
- Schwarzbold, A. O que é um rio? *Revista Ciência e Ambiente*, Santa Maria, v.21, p.57-68, 2000.
- Stumm, W.; Morgan J.J. *Aquatic chemistry: Chemical equilibria and rates in natural waters*. 3 ed. New York: John Wiley & Sons, 1996. 1022p.
- Tundisi, J.G. *Água no século XXI: Enfrentando a escassez*. São Paulo: RiMa, 2003. 247p.
- von Sperling, M. Poluição de ambientes aquáticos: tendências futuras para os países latino-americanos. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 27, 2000, Porto Alegre. Resumos ... Porto Alegre: ABRH, 2000. CD Rom.