



CARACTERIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS DO RIBEIRÃO SERRA AZUL – BACIA REPRESENTATIVA DE JUATUBA, MG

Vinícius Verna M. Ferreira¹; Amanda Lafetá Oliveira¹; Raquel L. M. Fonseca¹; Natália M. G. Oliveira¹; Rodrigo Oscar Albuquerque¹ & Lúcia Maria A. L. Auler¹

RESUMO --- Uma bacia representativa pode ser considerada como um local onde está instalada uma rede de estações que efetuam, simultaneamente, observações hidrometeorológicas e hidrométricas, de forma a que os dados obtidos sejam representativos de uma vasta região, em vez de se realizarem medições em todas as bacias dessa região. A importância da implantação e operação de bacias experimentais reside no fato destas funcionarem como um laboratório para a obtenção de parâmetros e a consequente calibração de processos no ciclo hidrológico. Neste trabalho apresenta-se um estudo referente à caracterização dos sedimentos de um ribeirão integrante da bacia representativa de Juatuba, situada na região central do Estado de Minas Gerais. Foram realizadas análises químicas, mineralógicas e granulométricas nos sedimentos em suspensão e de fundo. Os resultados mostram que os sedimentos em suspensão são mais finos e transportam mais elementos químicos adsorvidos, conforme esperado.

ABSTRACT--- A representative watershed can be considered as a place where there is a network of stations that perform simultaneously hydrological and hydro-meteorological observations, so that the data are representative of a wide region, instead of performing measurements in all the watersheds of this region. The importance of the implementation and operation of experimental hydrographic basins lies in the fact that these operate as a laboratory for obtaining the consequent parameters and calibration processes of the hydrological cycle. This paper presents a study regarding the characterization of sediments from a stream of Juatuba representative basin, located in the central part of Minas Gerais State. Chemical, mineralogical and grain size analysis in suspended and bottom sediments were done. The results show that the suspended sediments are thinner and carry more adsorbed chemical elements, as expected.

Palavras-chave: sedimentos, bacia de Juatuba, granulometria.

¹ CDTN - Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – Av. Antônio Carlos 6627, Campus UFMG. Belo Horizonte – MG. CEP 31270-910. vvmf@cdtn.br, alo@cdtn.br, rlmf@cdtn.br, nmgo@cdtn.br, roda@cdtn.br, aulerlm@cdtn.br

- Projeto 4: Núcleo de Estudos Experimentais em Bacias Hidrográficas (NEEBH) – FAPEMIG ESTR-110/92-42;
- Projeto 5 (em execução): Aplicação da Técnica de Traçadores para Estudos da Inter-Relação entre as Águas Subterrâneas e Superficiais na Bacia de Juatuba – FAPEMIG 21264.

Dando continuidade aos trabalhos pretéritos, ao final de 2012 foi aprovado pelo CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, o projeto intitulado Estudos Hidrosedimentológicos na Sub-Bacia do Córrego Mato Frio – Bacia Representativa do Rio Juatuba. Neste projeto, que tem o horizonte de três anos, as equipes do SEMAM (Serviço de Meio Ambiente)/CDTN e da UFMG estão estudando a dinâmica de sedimento fino em suspensão e da água que o transporta utilizando traçadores radioativos e fluorescentes à montante do reservatório Serra Azul da COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Figura 2).



Figura 2 – Reservatório Serra Azul da COPASA

O transporte de sedimentos em meio hídrico é um parâmetro fundamental na gestão de uma bacia hidrográfica. Cerca de 90% deste transporte ocorre sob a forma de sedimento em suspensão no seio da massa líquida. O sedimento fino ($\Phi < 0,063$ mm) desloca-se fundamentalmente em suspensão e é um vetor importante no transporte de metais e outros poluentes e também de matéria

orgânica em meio hídrico devido à adsorção preferencial desses elementos ao sedimento fino (Bandeira 2004), (Carvalho *et al.*, 2000).

Como a bacia de Juatuba já possui uma extensa série de dados hidrológicos e nenhuma estação sedimentométrica, com o presente projeto pretende-se iniciar a coleta de informações sobre o sedimento no meio hídrico e seu transporte. O conhecimento do transporte de sedimentos através da operação da estação sedimentométrica proposta será de grande valia no estudo do assoreamento do reservatório de Serra Azul. O assoreamento de reservatórios é um grave problema ambiental associado à gestão de recursos hídricos. Em locais de grande declividade, a capacidade dos rios de transportar sedimentos é alta e, dependendo da natureza do solo e de sua utilização, os rios apresentam uma significativa carga de sedimentos em suspensão. Trechos de baixa declividade e, sobretudo lagos e reservatórios, são locais preferenciais de deposição de sedimentos. Esta deposição retira os sedimentos da dinâmica natural do sistema hídrico acarretando impactos ambientais diversos, sobretudo a jusante.

2. OBJETIVO

Os objetivos deste trabalho, no escopo do projeto apresentado, são a caracterização da composição dos sedimentos de fundo e em suspensão no Ribeirão Serra Azul e a obtenção da concentração dos sedimentos em suspensão. A determinação da composição do sedimento de fundo e em suspensão será efetuada através de análises granulométricas, químicas e mineralógicas.

3. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia representativa de Juatuba está inserida no alto rio São Francisco. O rio Juatuba é afluente da margem esquerda do rio Paraopeba, tributário do São Francisco, e percorre 3 km desde o encontro de seus principais afluentes até o ponto em que deságua no Paraopeba. Esta bacia hidrográfica abrange 442 Km² e se localiza a 50 km de Belo Horizonte, abrangendo os municípios de Mateus Leme, Igarapé e Itaúna. Os principais cursos d'água que formam o rio Juatuba são os ribeirões Serra Azul e Mateus Leme que possuem uma área de drenagem de 265 e 155 Km² respectivamente.

O Sistema Serra Azul localiza-se nos municípios de Mateus Leme, Juatuba, Igarapé e Itaúna, a cerca de 55 Km de Belo Horizonte. Sua operação foi iniciada em 1982. Hoje, o Sistema atende com água tratada, cerca de 800 mil pessoas na Região Metropolitana de Belo Horizonte. Compõe junto com os sistemas Rio Manso e Vargem das Flores, o Sistema Integrado da Bacia do Rio Paraopeba.

Os principais contribuintes da barragem são o Ribeirão Serra Azul e os córregos Diogo, Estiva, Potreiro, Pedreira, Jacu, Curralinho, Brejo.

4. MÉTODOS E MATERIAIS

4.1 Coleta de sedimentos em suspensão

Como passo inicial desta etapa, ocorreu a montagem de um coletor ascendente de sedimentos, que foi instalado em um trecho do Ribeirão Serra Azul, nas coordenadas N 7.783.184,417, e E 561.850,990 (Figura 3). Conforme descrito por Umezawa (1979), o amostrador de fluxo ascendente (ANA-78), foi construído com base no amostrador “Single Stage Sampler” (Figura 4), apresentado pelo Geological Survey (Inter-Agency Committee, 1961). O amostrador de estágio único US-U-59 é pouco usado no Brasil, apesar de sua simplicidade. O mesmo consiste em uma garrafa com tubos em sifão, um para admissão da amostra e outro para saída do ar. São usados em enchentes rápidas e em cursos d’água intermitentes, especialmente em locais remotos ou de difícil acesso. O amostrador é instalado em nível predeterminado, num suporte vertical, que pode ser um pilar de ponte ou uma viga de madeira, de preferência numa posição perto ou no centro do curso d’água. As aberturas dos tubos deverão ficar orientadas contra a corrente. Um ou mais amostradores podem ser montados, um acima do outro, numa mesma vertical, para coleta em diversos níveis selecionados. O amostrador de orifício horizontal é usado para amostragens de areia e sedimentos finos (Carvalho, 1994).

Conforme Umezawa (1979), a forma de sifão da tubulação e o posicionamento dos bocais de saída de ar em sentido contracorrente, a 3 cm acima do sifão de tomada da amostra são adotados com o objetivo de evitar a recirculação da mistura água e sedimento, através da garrafa, quando o equipamento estiver submerso. Ou seja, caso não se preencha totalmente a garrafa do amostrador, não ocorrerá refluxo do material presente dentro da garrafa, o que ocasionaria uma alteração nesta. Estes amostradores foram montados nas próprias oficinas do CDTN, em posição vertical, um acima do outro, em espaçamentos de cerca de 20 cm entre duas tomadas de água consecutivas, apoiados em uma viga de madeira. Esta viga foi instalada no ponto de coleta (Ribeirão Serra Azul), sendo composta de quatro amostradores do tipo ANA, com garrafas padrão de vidro de 500 ml.

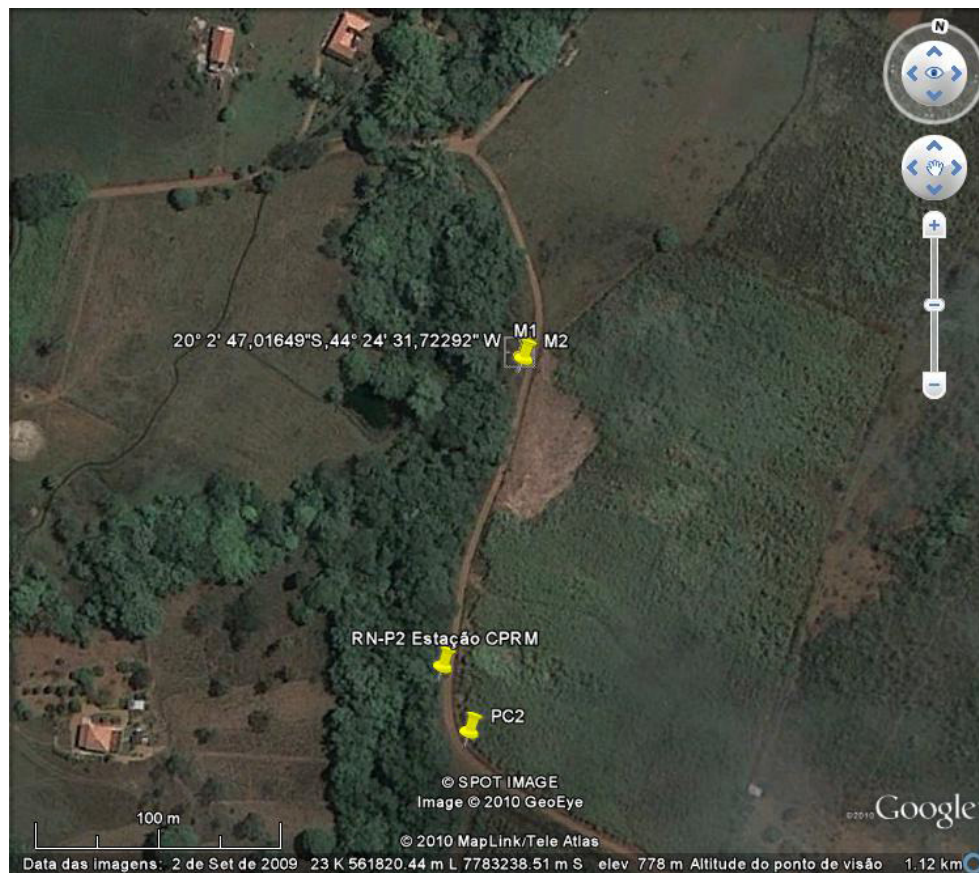


Figura 3 – Localização do trecho em estudo no Ribeirão Serra Azul

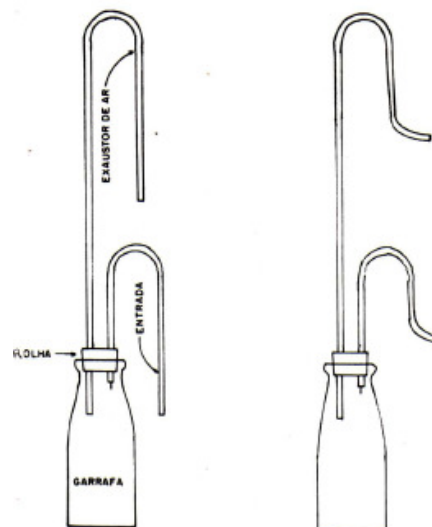


Figura 4 – Amostrador de estágio único US-U-59 (Bellinaso, 2002).

De acordo com Brakensiek *et al.* (1979), experiências de campo sugerem que a concentração obtida com este tipo de amostrador pode nem sempre ser representativa da concentração do curso d'água, sendo necessário, portanto, certas precauções quando do uso deste tipo de equipamento para obtenção de dados de concentração de sedimentos. Este tipo de amostrador apresenta certas desvantagens, tais como: a amostra é sempre tomada na superfície d'água durante o estágio de elevação da cheia; a mostra original pode ser alterada por subsequente submersão, e a velocidade d'água na entrada do bocal do amostrador nem sempre condiz com a velocidade do curso d'água.

As figuras 5a e 5b mostram a montagem deste equipamento nas oficinas do CDTN. A viga de madeira possuía 1,20 metros de comprimento e 3 centímetros de espessura.



Figura 5a e 5b – Montagem do amostrador ascendente nas oficinas do CDTN

4.2 Instalação e retirada do coletor ascendente

Em dezembro de 2013 o coletor ascendente de sedimentos foi instalado no trecho em estudo na bacia de Juatuba. O local foi escolhido em função de estudos anteriores que foram realizados pelas equipes do CDTN e da UFMG na região. Na seção transversal do Ribeirão Serra Azul há uma régua linimétrica que chega a cota máxima de 5 metros, onde são efetuadas leituras periódicas por técnicos da CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) no escopo do monitoramento hídrico realizado no local pelos profissionais desta empresa. No dia da instalação o nível de água no local era de 1,23 metros. Uma segunda chapa foi anexada a mesma para que os coletores ficassem acima do nível de água; desta forma esta segunda chapa foi cortada com o auxílio de um serrote antes da instalação dos coletores, e ambas foram unidas através de um sistema já previamente preparado no CDTN (Figuras 6a e 6b).

Dez dias após a instalação houve a retirada do coletor, visto que informações do serviço de meteorologia mostraram a presença de fortes chuvas no local nos dias anteriores. O nível de água indicado pela régua linimétrica era de 1,88 metros, sendo que nos dias anteriores esta cota atingiu a alturas superiores, visto todas as 4 garrafas terem sido preenchidas. Além da retirada do coletor, duas bombonas com capacidade de 50 litros cada foram preenchidas com sedimentos em suspensão coletados in situ.

As Figuras 7a e 7b apresentam detalhes das tarefas realizadas na oportunidade.



Figuras 6a e 6b – Instalação do coletor de sedimentos



Figuras 7a e 7b – Retirada do coletor de sedimentos e coleta de sedimentos em suspensão

4.3 Coleta de sedimentos de fundo

Paralelamente a retirada do coletor ascendente de sedimentos em suspensão, foi realizada a coleta de sedimentos de fundo. Para tal, foi utilizado um amostrador tipo “rock island”, tendo sido coletados sedimentos em 3 pontos diferentes no trecho em estudo do Ribeirão Serra Azul.

4.4 Análises do sedimento em suspensão

4.4.1 Análise granulométrica

Após as etapas de decantação, sifonamento e filtração dos sedimentos coletados em suspensão, foi realizado o peneiramento da amostra utilizando a peneira de menor abertura que o laboratório possuía - no caso uma peneira de 400 MESH/TYLER com abertura de 0,038mm. Observou-se que a maior parte do sedimento passou por esta peneira e apenas uma pequena parte ficou retida na mesma. Assim, dos sedimentos coletados, a fração cuja granulometria era maior que 400 μm foi colocada para secar, e a fração menor que 400 μm foi filtrada a vácuo, sendo então obtida a amostra seca de massa para ambas as frações, cujos pesos finais foram:

- fração menor que 400 μm : 12,271 gramas;
- fração maior que 400 μm : 3,013 gramas.

4.4.2 Análise Granulométrica a Laser

Esta etapa foi realizada no Departamento de Engenharia de Metalúrgica da Escola de Engenharia da UFMG, para a fração da amostra cujas dimensões não possibilitaram sua análise nas peneiras (fração menor que 400 μm). Foi utilizado o aparelho Cilas 1064L para a fração que não foi retida pela peneira com abertura de 0,038 mm.

4.4.3 Difração raios X

Esta técnica é empregada quando se pretende determinar ou identificar as espécies ou elementos químicos presentes numa amostra, podendo ser eles atômicos ou moleculares, os quais de origem mineral, animal e vegetal. O aparelho aqui utilizado foi o RIGAKU X-RAY DIFFRACTOMETER, presente no Serviço de Tecnologia Mineral (SETEM) do CDTN.

4.4.4 Fluorescência de raios X

Esta técnica tem aplicação sobre uma extensa faixa de elementos atômicos. O aparelho utilizado nesta etapa foi o ZSX Primus II (também presente no SETEM/CDTN), que oferece uma determinação quantitativa rápida de elementos atômicos grandes e pequenos, desde o berílio (Be) ao

urânio (U), em uma ampla variedade de tipos de amostra - com padrões mínimos. O aparelho utiliza a técnica de Espectrometria da Fluorescência de Raios X, em que é realizada a análise elementar baseada na detecção de raios X emitida pelos átomos excitados (Barbosa, 2002).

4.4.5 Análises químicas

Foram executadas nos laboratórios do SERTA – Serviço do Reator e Técnicas Analíticas do CDTN, as análises químicas pertinentes aos sedimentos em suspensão.

4.5 Análise do sedimento de fundo

Os sedimentos de fundo foram peneirados e posteriormente analisados com o auxílio da difração e da fluorescência de raios X.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Sedimentos em suspensão

5.1.1 Determinação da concentração

Com o auxílio de ensaios gravimétricos realizados pelo SERTA/CDTN foi obtida a concentração de sedimentos em suspensão nas amostras coletadas (as 4 garrafas do coletor ascendente). Para cada amostra, a massa seca de sedimento obtida após a filtração foi pesada e dividida pelo volume. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultado dos sólidos totais e do volume das amostras enviadas

Código da amostra	Sólidos totais - mg/litro	Volume da mistura (mL)
1	247 ± 7	440
2	539 ± 14	415
3	528 ± 18	455
4	623 ± 7	430

5.1.2 Determinação da granulometria

A Tabela 2 apresenta os valores da massa seca final da amostra dos sedimentos em suspensão após a filtração e o processo de granulometria por peneiramento.

Tabela 2 – Massa final da amostra

Granulometria da amostra e método	Massa (gramas)
-400 (passante pela peneira – filtração a vácuo)	3,013
+400 (retido na peneira e posteriormente secado)	12,271

5.1.3 Granulometria a laser

Para esta etapa, uma parte da massa seca de sedimentos que não foi possível analisar pela granulometria convencional foi dividida em 3 partes. Para cada fração foi realizadas um ensaio granulométrico. A Tabela 3 apresenta o resumo dos resultados, e a Figura 8 o resultado de um dos três ensaios granulométricos.

Tabela 3 – Resultados da análise granulométrica a laser

Análise	Concentração (gramas)	Diâmetro Médio (μm)
Análise 1	166,0	10,20
Análise 2	232,0	11,50
Análise 3	239,0	10,53
Média	212,3	10,74

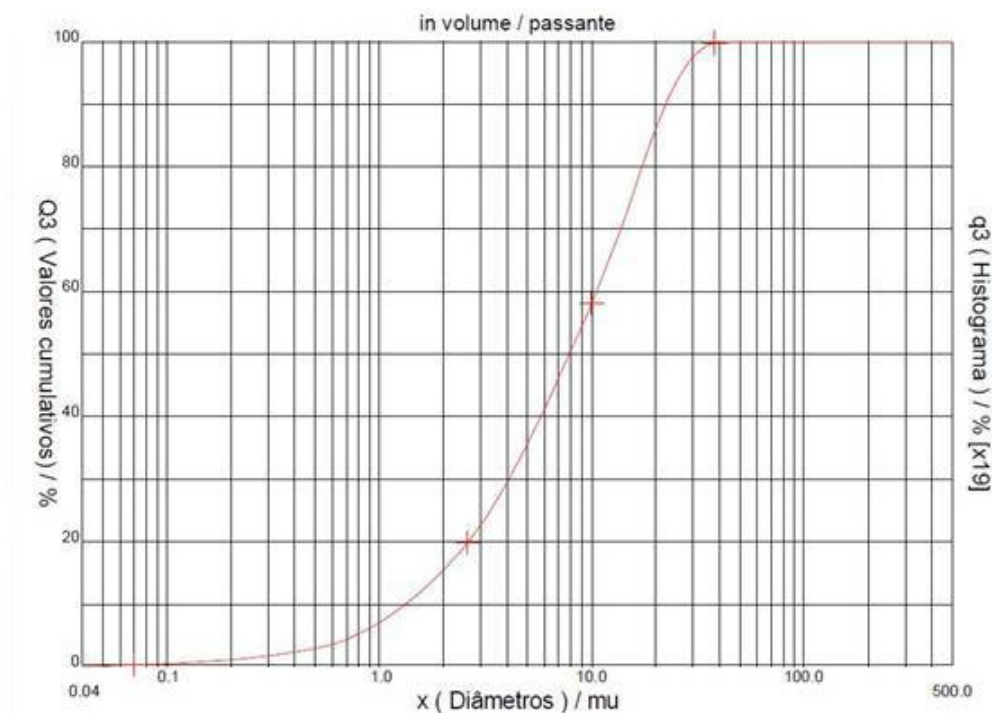


Figura 8 – Resultado de uma das três análises granulométricas a laser

5.1.4 Difração de raios X

Esta análise indicou os elementos na estrutura da amostra (Figura 9). De acordo com os resultados, as fases minerais mais presentes encontradas foram caolinita (37,7%), quartzo (34%), gipsita (17,6%), moscovita (6,3%) e hematita (4,5%).

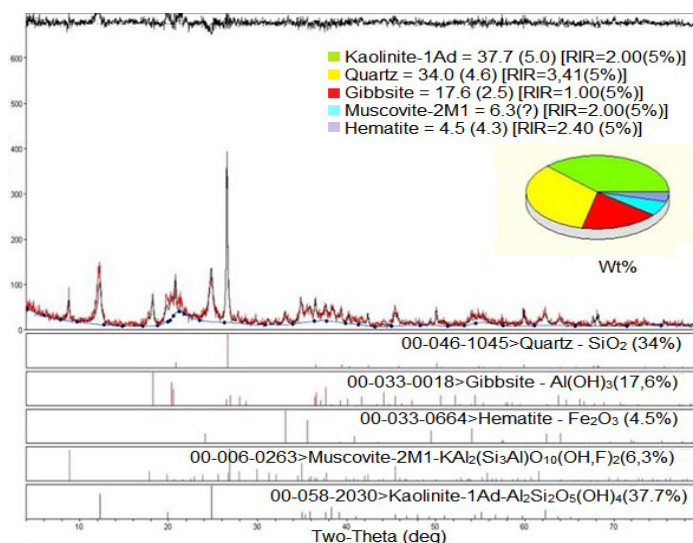


Figura 9: Resultado da Difração por raios X

5.1.5 Análises químicas

As análises químicas foram realizadas apenas para os elementos que apresentaram as maiores concentrações nos sedimentos analisados. Para o Silício e o Alumínio a técnica utilizada foi a gravimetria, para o Ferro foi a titulometria e para o Potássio, a fotometria de chama (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4 – Análise de potássio em amostra de sedimento

Código da amostra	K (mg/Kg)	Limite de quantificação do método (mg/Kg)
AM – 43/14	11±1	0,03

Tabela 5 – Análise dos óxidos de Al, Si e Fe, em amostra de sedimento

Código da amostra	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)
Am 01	34,45 ± 0,29	31,97 ± 0,24	13,14 ± 0,21

5.1.6 Fluorescência de raios X

A Tabela 6 apresenta os resultados da análise de fluorescência, com os elementos presentes e suas respectivas concentrações por unidade de massa.

Tabela 6 – Resultados da fluorescência de raios X

Nº	Componente	Resultado (massa em %)	Limite de detecção
1	Na ₂ O	0,0724	0,0226
2	MgO	0,592	0,0185
3	Al ₂ O ₃	38,0	0,0210
4	SiO ₂	41,5	0,0210
5	P ₂ O ₅	0,349	0,0034
6	SO ₃	0,123	0,0027
7	Cl	0,0231	0,0038
8	K ₂ O	1,94	0,0035
9	CaO	0,403	0,0028
10	TiO ₂	1,20	0,0084
11	Cr ₂ O ₃	0,0667	0,0048
12	MnO	0,192	0,0036
13	Fe ₂ O ₃	15,3	0,0059
14	NiO	0,0203	0,0023
15	CuO	0,0129	0,0020
16	ZnO	0,0371	0,0017
17	Ga ₂ O ₃	0,0071	0,0019
18	Br	0,0025	0,0011
19	Rb ₂ O	0,0418	0,0066
20	SrO	0,0074	0,0012
21	ZrO ₂	0,00397	0,0089
22	Nb ₂ O ₃	0,0049	0,0015
23	BaO	0,0876	0,0212
24	PbO	0,0132	0,0033

5.2 Sedimentos de fundo

As Tabelas 7 e 8, e as Figura 9 e 10 apresentam os resultados das análises referentes aos sedimentos de fundo, coletados no mesmo trecho em estudo.

É possível observar que, conforme esperado, o número de elementos químicos adsorvidos aos sedimentos em suspensão é maior que nos sedimentos de fundo. A amostra de fundo é majoritariamente caracterizada pelo quartzo.

Tabela 7 – Análise granulométrica: sedimentos de fundo

Tyler (#)	Abertura (mm)	Peso retido (g)	% peso	% acumulado acima	%acumulado abaixo
16	1	3,25	1,45	1,45	98,55
20	0,81	2,8	1,25	2,7	97,3
28	0,59	10,31	4,61	7,31	92,69
35	0,42	44,15	19,75	27,06	72,94
48	0,297	70,85	31,7	58,76	41,24
65	0,21	52,7	23,6	82,36	17,64
100	0,149	23,6	10,5	92,86	7,14
150	0,105	8,55	3,82	96,68	3,32
200	0,074	3,11	1,39	98,07	1,93
270	0,053	2,28	1,02	99,09	0,91
325	0,044	0,62	0,28	99,37	0,63
400	0,037	0,15	0,07	99,44	0,56
Abaixo de 400		1,124	0,51	99,95	0,05

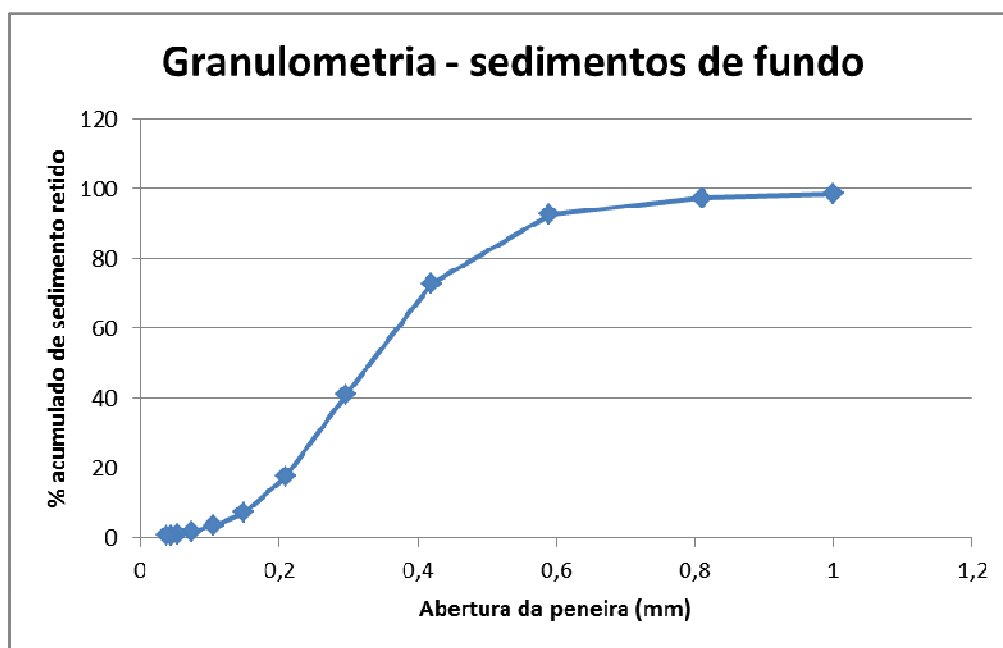


Figura 9 – Análise granulométrica: sedimentos de fundo

Tabela 8 – Resultados da fluorescência de raios X

Nº	Componente	Resultado (massa em %)	Limite de detecção
1	Na ₂ O	0,194	0,0142
2	MgO	0,0884	0,0120
3	Al ₂ O ₃	7,21	0,0096
4	SiO ₂	87,2	0,0255
5	P ₂ O ₅	0,0638	0,0032
6	SO ₃	0,0215	0,0031
7	K ₂ O	2,48	0,0037
8	CaO	0,0690	0,0025
9	TiO ₂	0,198	0,0074
10	Cr ₂ O ₃	0,0826	0,0040
11	MnO	0,0642	0,0033
12	Fe ₂ O ₃	2,32	0,0033
13	NiO	0,0074	0,0019
14	CuO	0,0047	0,0016
15	ZnO	0,0042	0,0013
16	Rb ₂ O	0,0063	0,0010
17	SrO	0,0028	0,0011
18	ZrO ₂	0,0131	0,0012

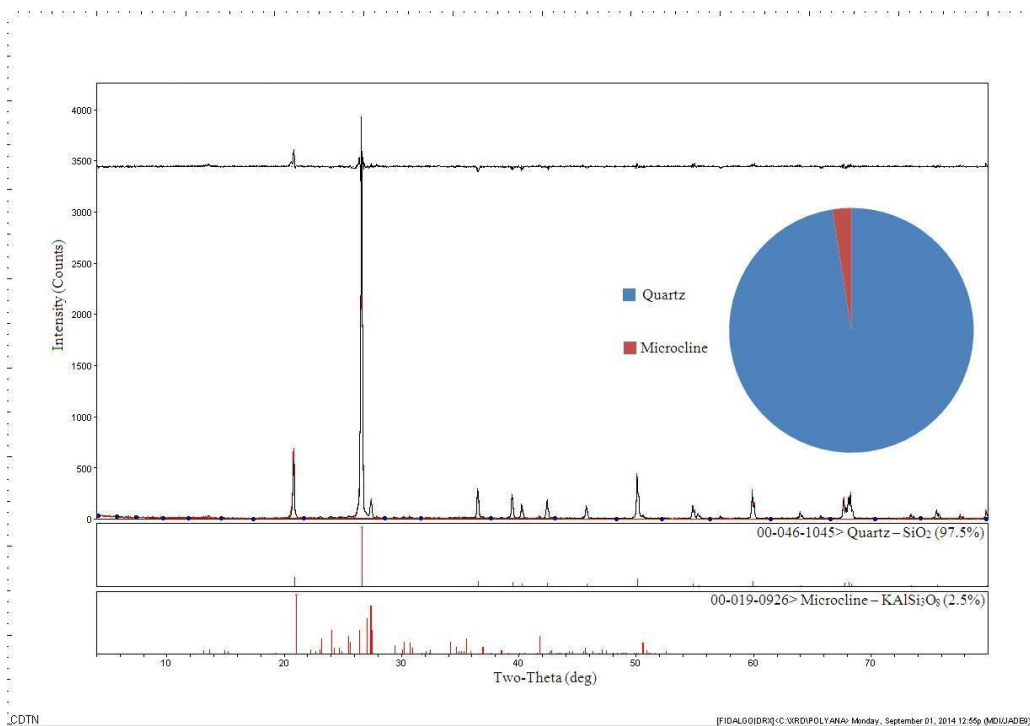


Figura 10 – Difração de raios-X: sedimentos de fundo

Seis elementos encontrados nos sedimentos em suspensão não foram encontrados nos sedimentos de fundo: cloro, bromo, gálio, chumbo, bário e nióbio. No escopo do projeto em execução, estão sendo realizados estudos do uso e ocupação do solo da região, para melhor caracterizar as possíveis fontes dos elementos encontrados sedimentos coletados.

Ressalta-se aqui que as concentrações encontradas todos os elementos estão sendo comparadas aos valores permitidos pela legislação.

6. CONCLUSÕES

O estudo da dinâmica do transporte de sedimentos em meio hídrico é um campo de pesquisas que possibilita a compreensão de diversos fenômenos hidrossedimentológicos. Em uma bacia representativa, este tipo de estudo pode auxiliar no entendimento e quantificação de parâmetros associados a maiores áreas de estudo.

Neste trabalho foi possível caracterizar os sedimentos de fundo e em suspensão do Ribeirão Serra Azul, na bacia representativa de Juatuba. Os resultados demonstraram que os elementos potássio, ferro, alumínio e silício são os mais representativos, do ponto de vista percentual, nas amostras coletadas. Os sedimentos em suspensão, conforme esperado, possuem uma granulometria bem menor que os de fundo e transportam um maior número de elementos químicos. Os resultados obtidos estão sendo comparados à legislação ambiental de modo a se avaliar a significância dos valores obtidos.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e a FAPEMIG pelo financiamento do projeto e pelas bolsas de IC das estudantes envolvidas no mesmo;

Aos demais colegas do SERTA, SETEM e SEMAM do CDTN que colaboraram para a execução das atividades do projeto: João Batista Barbosa, Zilmar Lima Lula, Eugênio Miranda, Oliene Fagundes, Cláudio Chagas, Lécio Salim, Liessi Santos e Wellington Mônico.

A técnica Hilda Batista do Departamento de Engenharia Metalúrgica da UFMG.

BIBLIOGRAFIA

BRAKENSIEK, D. L.; OSBORN, H. B.; RAWLS, W. J. (1979). *Field manual for research in agricultural hydrology*. U. S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 224.

BANDEIRA, J.V. (2004). *Desenvolvimento de técnicas nucleares e correlatas para estudos em Hidrologia Urbana - Aplicações na Bacia Hidrográfica da Pampulha e no Rio das Velhas, MG*, Tese de Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

BELLINASSO, T.B. (2002). Monitoramento Hidrossedimentométrico e Avaliação da Produção de Sedimentos em Eventos Chuvosos Em Uma Pequena Bacia Hidrográfica Urbana de Encosta. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, RS.

CARVALHO, N. O. (1994). *Hidrossedimentologia Prática*. CPRM Books. Rio de Janeiro.

CARVALHO, N.O.; FILIZOLA JÚNIOR, N.P.; SANTOS, P.M.C.; LIMA, J.E.F.W. (2000). *Guia de Práticas Sedimentométricas*. Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, Brasília.

CHAGAS, C.J.; CAMARGOS, C.C.; FERREIRA, V.V.M. (2010). *Monitoramento Hidrológico na Bacia Representativa do Rio Juatuba para Gestão de Recursos Hídricos*. X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Fortaleza.

INTER AGENCY COMMITTEE ON WATER RESOURCES (1961). *The single stage sampler for suspended sediments*. Sub Committee on Sedimentation. Minneapolis, Minn., USA.

Relatório Final do Projeto de Pesquisa (2008). *Estudo da Formação de Escoamentos Utilizando a Técnica de Traçadores, na Bacia Representativa de Juatuba - Alto São Francisco*. Código FINEP 01.06.0109.00.

Relatório Final do Projeto de Pesquisa (2003). *Determinação das Taxas de Infiltração e Evapotranspiração na Bacia Representativa de Juatuba - MG, através da Técnica de Traçadores*. Código FAPEMIG CRA-2509/98.

Relatório Final do Projeto de Pesquisa (1998). *Aplicação da Técnica de Traçadores ao Estudo de Hidrogramas de Cheia na Bacia Representativa de Juatuba – MG*. Código FAPEMIG TEC – 2098/96.

UMEZAWA, P. K. (1979). *Previsão de deplúvio (Washload) em rios de áreas elevadas*. Dissertação. Mestrado em Hidrologia Aplicada - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.